

НОБЕЛОВИ НАГРАДИ – 2013

През тази година Нобеловите награди се присъждат за 112-и път.
Кралската Шведска академия на науките реши, че

НОБЕЛОВАТА НАГРАДА ПО ФИЗИКА се присъжда на:



Франсоа Англер (р. 06 ноември, 1932 г.) и Питър Хигс (р. 29 май, 1929 г.)

„за теоретичното откритие на механизъм, допринасящ съществено за нашето разбиране за произхода на масата на субатомните частици, експериментално потвърден от откриването на предсказаната фундаментална частица от инструментите ATLAS и CMS на Големия адронен колайдер на ЦЕРН“

Франсоа Енглер (съвместно с вече покойния си колега и сънародник Робърт Браут) и Питър Хигс предлагат своята теория независимо един от друг още през 1964 г. Близо половин век по-късно – през 2012 г. – техните идеи са потвърдени от откритието на т. нар. Хигс-частица в експериментите на ЦЕРН, провъзгласено за едно от най-важните във физиката.

Отличената с Нобелова награда теория е ключова за Стандартния модел на физиката, който обяснява взаимодействията във Вселената на ниво елементарни частици.

Нобеловата награда за физиология и медицина се присъжда на: Джеймс Ротман, Ранди Шекман и Томас Зюдхов „за откритието, засягащо механизмите за регулация на междуклетъчното взаимодействие“.

Нобеловата награда за химия се присъжда на Мартин Карплюс, Майкъл Левит и Ари Уоршъл, „за развитието на многолинейни модели на комплексни химически системи“.

Нобеловата награда за литература се присъжда на канадската писателка Алис Мънро. Мънро е „майстор на съвременния разказ“, се казва в съобщението на Нобеловия комитет във връзка с награждаването. В него се отбелязва още, че някои критици я определят като канадския Чехов.

Нобеловата награда за мир се присъжда на Организацията за забрана на химическите оръжия. Тазгодишните носители на Нобеловата награда са отличени „за усилията за премахване на химическите оръжия“, както гласи обосновката.

Нобеловата награда за икономика се присъжда на Юджийн Фама, Ларс Питър Хансен и Робърт Шилър „за техния емпиричен анализ на цените на активите“.

АБОНАМЕНТ И РАЗПРОСТРАНЕНИЕ

Абонамент за 1 година (4 книжки) – 16 лв., за пенсионери и студенти – 8 лв.

Ако желаете да се абонирате – пишете на worldofphysics@abv.bg

Броеве от списанието можете да намерите на следните места:

София

- Книжарницата на БАН: София 1000, ул. “15 ноември” № 1, тел. (02) 987 97 86
- Книжарницата на Математически факултет на СУ “Св. Климент Охридски”: София 1164, бул. “Джеймс Баучър” 5
- Книжарница “Нисим”, бул. “В. Левски” 59
- Съюз на Физиките в България, Физически факултет, СУ “Св. Климент Охридски”: София 1164, бул. “Джеймс Баучър” 5, Снежана Йорданова, тел. +359 2 62 76 60, e-mail: upb@phys.uni-sofia.bg

Варна

Народна Астрономическа Обсерватория и Планетариум „Николай Коперник“, Приморски парк 4

КРАТЪК КУРС ПО ИСТОРИЯ НА МЕХАНИЗМА НА ХИГС

Игор Иванов

Тазгодишната Нобелова награда по физика беше присъдена на двама физици: белгиеца Франсоа Англер и британеца Питър Хигс, за „теоретичното откритие на механизма, който спомага за разбирането на произхода на масите на субатомните частици и който бе неотдавна потвърден, благодарение на откритието на Големия Адронен Колайдер на новата предсказана частица”. С други думи, това, което сега обикновено се нарича „механизма на Хигс”. Нека подчертаем: не за откритието и даже не за предсказанието на хигсовския бозон, а за самия механизъм, част от който се явява самият бозон на Хигс. Това беше една от най-предсказуемите номинации за Нобелова награда по физика за тази година и едновременно източник на много спорове за приоритет и въобще за осмислеността на присъжданата награда по тази конкретна тема.

Да се преразкаже всичко това също няма голям смисъл; впрочем, основните неща по хигсовския механизъм в максимално кратка форма могат да бъдат формулирани във вид на „въпроси и отговори”. За сметка на това пък е добър повод да се разкаже историята на хигсовския механизъм и на сложния избор, пред който е бил изправен нобеловският комитет. И едновременно с това да се коригира впечатлението, който неизкушеният читател може да получи при запознаването със случая.

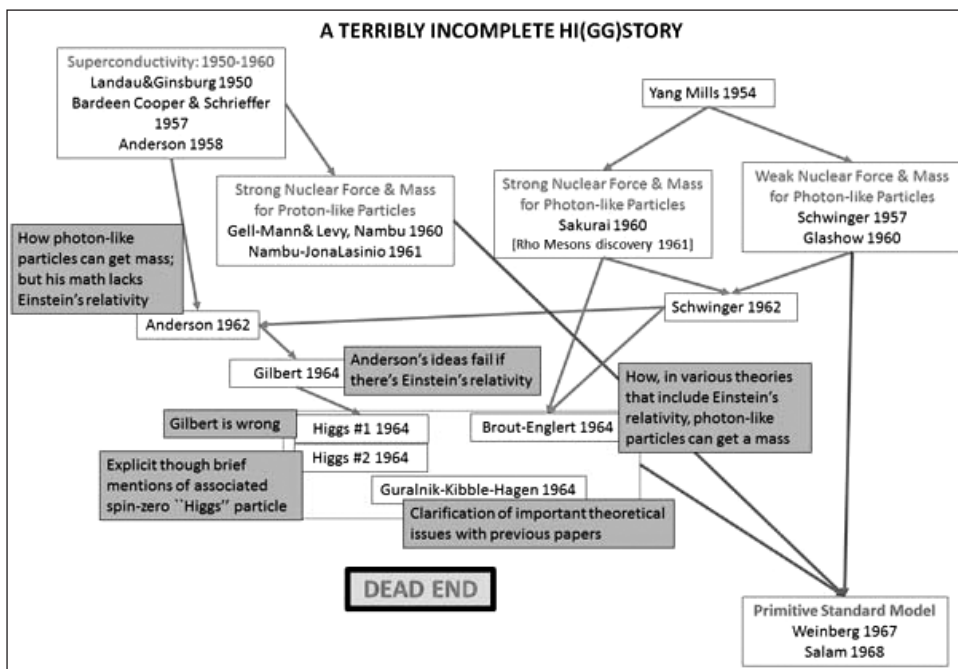
На кого да бъде връчена Нобеловата награда? В масовото съзнание някакво важно откритие в теоретичната физика, а още повече отличено с Нобелова награда, обикновено изглежда така. Съществувал някакъв сложен проблем, никой не е могъл да го реши, както и да е опитвал, и за работа се захваща Геният и в самота ражда напълно завършена теория. Уви, но в преобладаващата си част за повечето от случаите в съвременната наука нещата стоят съвсем иначе. Теоретичната физика се развива от съвместните усилия на много хиляди специалисти и приносят на всеки един от тях може да бъде съвсем малък, даже той да е бил обединяващо звено на чужди публикации преди него с последващи.

Нещо повече, случва се така, че някакъв сложен въпрос не дава спокойствие на физиците, и в такава напрегната атмосфера близки идеи могат да възникнат едновременно в главите на няколко души. Затова от перспективата на десетилетия възникналата теория може да изглежда много важна, но е изключително трудно справедливо да се отдаде приоритетът на един-единствен, направил „най-важната крачка” от цялата плеяда физици, участвали в нейното създаване. И понякога като критерий за изход от такава задънена улица служи не това кой е направил реално най-важното за построяването на самата теория, а кой в нужния момент и в необходимия контекст е произнесъл правилната дума.

Нобеловата награда по физика за 2013 г. представлява ярък пример за такава ситуация. Наградата за „хигсовския механизъм” беше присъдена на двама физици –

Питър Хигс и Франсоа Англер, а можеше да бъде присъдена още и на Роберт Браут, съавтор на Англер, ако днес беше жив. Обаче за изграждането на хигсовския механизъм имат заслуги не една десетка теоретици (вж. приложената схема). И даже да се вземат само статиите от 1964 г., в които е направено и в известна степен доказано ключовото твърдение на хигсовския механизъм, то трябва да се споменат минимум статиите на три групи. Хронологичната последователност на публикациите е следната: отначало Браут-Англер, след това две статии на Хигс, а след това статията на Хералд Гуралник, Карл Хаген и Томас Кибл. Неслучайно тези шестима получават през 2010 г. престижната *награда Сакурай*, която Американското физическо общество присъжда за изключителни заслуги в областта на физиката на елементарните частици.

Трябва да се каже, че щекотливата ситуация с приоритета за откриването на този механизъм с постоянната употреба на термина „хигсовски“ е известна от отдавна. Тя е нееднократно обсъждана при различни обстоятелства и, в частност, е била предмет на няколко исторически описания и спомени на всички участници в тази история с половинвековна давност. (Няколко от тези материали са дадени в списъка на края на тези бележки.)



Фиг. 1. „Непълната история” схематично изобразява приноса на различните физици-теоретици в теорията, която сега се нарича „хигсовски механизъм”; със стрелки са показани влиянията, които са оказали едни теории на други. Сивият централен блок в схемата са четирите статии, които обикновено се цитират в научната литература при споменаване на хигсовския механизъм. Схемата е съставена от Мет Страслер.

На схемата, съставена от видния физик Мет Страслер, е показано как изкрystalизира хигсовският механизъм от работата на десетки теоретици през 50-60-те години на миналия век. Това че схемата е наречена „силно непълна“ съвсем не е шега – наистина е нереално в нея да се отчетат всички, които са дали някакъв принос. Централният блок включва споменатите четири статии; много добре се вижда, че тези работи се опират на работата на разнообразни предшественици. Ще се опитаме накратко да обрисуваме, без да се впускаме в излишни технически детайли, кой какво е направил и на кого е повлиял.

Към края на 1950-те години вече е формулирана смелата хипотеза: силните и слаби взаимодействия могат да бъдат описани като калибровъчни взаимодействия по подобие на преуспяващата квантова електродинамика, а пък и цялата история на развитие на физиката на елементарните частици. В такива теории взаимодействията между частиците възникват самостоятелно като резултат на симетрията на теориите относно някои преобразувания, а физическите силови полета се получават за сметка на обмяната на частици-приносители. Наистина, за разлика от електромагнетизма, сега тези полета трябва да бъдат необикновени за описване на силните или слаби взаимодействия. Теорията на токова взаимодействие беше построена от Чж.Янг и Р.Милс през 1954 г. и се основава на богатата „вътрешна“ симетрия на частиците.

Всичко би било чудесно, ако го нямаше един важен детайл. Ако тази симетрия беше валидна за нашия свят, то частиците-преносители на слабите взаимодействия трябваше да бъдат безмасови. Но такива частици ние не познаваме. Затова, ако тази симетрия има някакво отношение към нашия свят, то тя трябва да бъде спонтанно нарушена. Грубо казано, въпреки че уравненията са симетрични, техните решения, които описват нашия свят – не.

Как да се построи теория със спонтанно нарушение на симетриите физиците вече знаеха. Във физиката на кондензираната материя това беше известно отдавна, а за елементарните частици тази идея беше използвана през 1960 г. от Намбу. Трябваше да се предположи съществуването на скаларно поле от нов тип, което притежава необикновено свойство: в най-ниското енергетично състояние това поле не отсъства, а с непрекъснат однороден фон запълва цялата Вселена. Примери за такива полета вече бяха известни в някои нерелативистични раздели на физиката (например свръхфлуидност и свръхпроводимост), но как да се направи това в релативистките теории на елементарните частици не беше никак ясно.

Освен това се появява и нова напасть: когато симетрията се нарушава спонтанно, то безмасовите частици се появяват още в скаларното поле. Това твърдение получи названието „теорема на Голдстоун“ и в окончателен вид беше строго доказано през 1962 г. Изводът беше доста твърд: ако това е така, то разнообразните интересни опити да свържат свойствата на елементарните частици със спонтанното нарушение на вътрешната симетрия са безплодни. Защото тогава неизбежно възникват безмасовите скаларни частици, но ние съвършено точно знаем, че в природата те не съществуват.

Така че можем засега въобще да изместим въпроса за каквито и да са свойства на реалните елементарни частици и реалните им взаимодействия и да поставим напълно

конкретния, макар и доста теоретичен въпрос: можем ли въобще да заобиколим теоремата на Голдстоун? Може ли да се нарушава симетрията, като при това се избегне появяването на безмасови бозони?

През 1962-1963 г. се появиха работите, първоначално на Швингер, след това и на Андерсон, в които се дават конкретни примери как може да бъде заобиколена тази теорема. При това, в статията си Андерсон в прав текст беше формулирал наблюдението, което поставя нещата по своите места: „*Безмасовите бозони се появяват, но те веднага се свързват с безмасовите частици-преносители на взаимодействието; поради това обръкване безмасовите скаларни частици сами по себе си стават ненаблюдаеми, затова пък частицата-преносител става масивна.*”

Тази идея – „безмасова скаларна частица + безмасов преносител = масов преносител” – лежи в основата на хигсовия механизъм. Именно затова за автор на тази идея би трябвало да се счита Андерсон, ако не беше една тънкост: примерът на Андерсон се отнася за нерелативистката теория. Той се надяваше, че тя може да се реализира и за релативистките теории, но как точно не беше показал.

1964 г. Последвалите събития протичат повече в стил „размяна на открити писма” в размер от не повече от страница, отколкото пълнокръвни научни статии, неслучайно публикувани в *Physical Review Letters* и *Physics Letters*. В мартенския брой на PRL: Клайн и Ли отново обръщат внимание, че доказателството на теоремата на Голдстоун се основава изцяло на пълната релативистка ковариантност при формулиране на теорията и като че ли без нея теоремата едва ли може да бъде доказана. Може би това е някаква възможност за измъкване? Три месеца след това Гилберт възражава: разбира се, това е възможен изход, но то може да помогне само на нерелативистките теории. А теорията на взаимодействията на елементарните частици се изгражда като релативистко-инвариантна, което, уви, не се получава.

Във връзка с тези бележки, през септември 1964 г. се появява насрещното възражение на П. Хигс. Това е вярно, казва той, само да не забравяме, че калибровъчните теории имат своите важни особености, които не допускат такава твърда формулировка. Все пак може да се построи теория, така че и симетрията да не се нарушава, и безмасови частици да не се появяват. В октомврийския брой на PRL Хигс дава конкретен пример, наистина на нивото на класическата, а не на квантовата теория, и между другото, в пряк текст пише, че в нея като допълнение възниква и нова масова безспинова частица.

Паралелно с тази преписка, в августовската книжка на PRL, т.е. още преди първата статия на Хигс се появява и статията на три страници на Браут и Англер, посветена на същия проблем. Те не отговарят на конкретните повдигнати възражения, а просто построяват пример на нужната теория, при това в теорията на Янг-Милс. Понеже работата се появява почти едновременно с първата статия на Хигс, взаимни цитирания в нея няма, но във втората статия на Хигс тя вече е спомената.

През ноември 1964 г. в PRL излиза статията на Гуралник, Хаген и Кибл, посветена на същия проблем. За публикацията на Хигс и Браут-Англер те не знаят до последния момент, когато получават списанието с техните работи, готвейки своята статия за печат. Вече завършения текст на своята статия те допълват с нови коментари, но като виждат

ситуацията така: това, което не е доведено до край при Браут-Англер и Хигс, при тях е добило завършен вид.

Обърнете внимание, че хигсовският бозон заема в тази история несъществено място. Цялата полемика се води около възможността за коректно построяване на *теория*, търсенето на пътища за заобикаляне на теоремата на Голстоун, смъртоносно опасен за интересни приложения на теорията на Янг-Милс. Нещо повече, когато става дума за конкретни приложения, по-голямата част от учените тогава се опитваха с помощта на новия метод да обяснят масата на адроните, а не съществуването на някаква частица-приносител на слабите взаимодействия! Така, от гледна точка на решение на тази задача, новият бозон, който в явен вид за пръв път се споменава само от Хигс, не представлява никакво ново *постижение* и не е бил свързван с теорията на слабите взаимодействия. Обаче след десетилетия именно прякото споменаване на несъществуващия факт беше трансформирано в масовото възприятие в „предсказване на хигсовския бозон” като някакъв съществен елемент на тази епопея.

Понеже тези публикации бяха чисто технически, разбира се, историята не свърши с тях. Последваха и други статии, понякога свързани с тях, понякога – не. Например през 1966 г. съвсем младите тогава Александър Мигдал и Александър Поляков публикуват в Журналъ Экспериментальной Физики и Техники статия със същите резултати, получени обаче по друг път. В своите спомени Мигдал разказва, че те са се опитвали цели две години да публикуват статията си, но никой не е искал да я възприема сериозно. Пък и въпросът какво представлява въобще само по себе си нарушаването на калибровъчната симетрия се обсъжда още дълги години (вж. например теоремата на Елищур през 1975 г.). Обаче нека да подчертаем: с малки изключения, дълго време акцентът е поставян върху самата теория, а не върху хигсовския бозон.

Ролята на бозона като удобна за *експериментално наблюдение* на хигсовския механизъм е осъзната истински едва през 70-те години на миналия век. Примерно и тогава към самия механизъм за постоянно е прикачен и удобният и кратък, но не съвсем справедлив епитет „хигсов”. След като беше построена теорията на слабите взаимодействия, която се



Р. Браут



Т. Кибл, Дж. Гуралник, К. Хаген, Фр. Англер, Р. Браут

опира, между другото, и на този механизъм, след като беше показано, че тази теория е пренормируема (тоест самосъгласувана и става за пресмятания), възникна и масовият интерес сред физиците към свойствата и те тръгнаха да търсят бозона на Хигс.

Теоретиците се захванаха да пресмятат процесите на раждане и разпад на бозона, а експериментаторите се втурнаха да го търсят на всички колайдери. Уви, никакви следи не се откриваха, но това не безпокоеше много, понеже масата на бозона оставаше неизвестна. Бозонът не се виждаше и на исполинските колайдери LEP на ЦЕРН и Теватрона във Фермилаб, но започна да се „чувства“ косвено в цялата съвкупност от натрупани дотогава данни по проверката на Стандартния модел. Голяма част физици по онова време бяха убедени, че бозонът с голяма вероятност съществува, а следователно и хигсовският механизъм е реален, но не достигаше последният щрих – прякото наблюдение на бозона на Хигс в експеримент. И това стана на LHC през 2012 г. и по такъв начин, половин век (!) след теоретичното предсказание, окончателно бе потвърдена валидността на хигсовския механизъм за нарушаване на електрослабото взаимодействие.

И за десерт, за да почувствате по-добре кои са участвали в построяването на теорията, опитайте се да преброите колко от хората, поименно споменати в тази текст, са Нобелови лауреати (и то не само по физика!)

Литература

Стандартните четири статии, с които обикновено се свързва разработването на хигсовския механизъм:

1. F.Englert, R.Brout. Broken Symmetry and the Mass of Gauge Vector Mesons. *Phys. Rev. Lett.* 13, 321-323 (1964).
2. P.W.Higgs. Broken Symmetries, massless particles and gauge fields. *Phys. Lett.* 12, 132-133 (1964)
3. P.W.Higgs. Broken Symmetries and the Masses of Gauge Bosons. *Phys. Rev. Lett.* 13, 508-509 (1964)
4. G.S.Guralnik, C.R.Hagen and T.W.B.Kibble. Global Conservation Laws and Massless Particles. *Phys. Rev. Lett.* 13, 585-587 (1964)

История на развитие на теорията, изложена от непосредствените участници в нея:

1. Р.Браут, Ф.Англер. Spontaneous Symmetry Breaking in Gauge Theories. Historical Survey (1998)
2. Т.Кибл. Engeler-Brout-Higgs-Guralnik-Hagen-Kibble mechanism (history)
3. Г.С.Гуралник. The History of the Guralnik, Hagen and Kibble development of the Theory of Spontaneous Symmetry Breaking and Gauge Particles.
4. П.Хигс. Prehistory of the Higgs boson; My Life As A Boson.

ЛУДВИГ БОЛЦМАН И ВТОРИЯТ ЗАКОН НА ТЕРМОДИНАМИКАТА

Иван Тодоров

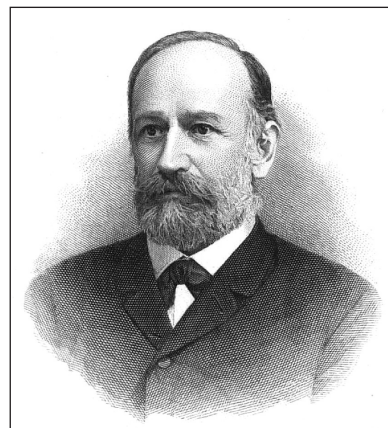
Продължение от кн. 3/2013 г.

2. Лудвиг Болцман: от гимназията в Линц до Н-теоремата (1844-1876)

Отделният човек може да достигне голямо значение само с цената на пълна преданост на определена идея.³⁴

2.1 Детство, университет, сътрудник на Шефан

Лудвиг Болцман е първи син на данъчен чиновник (от семейство на протестанти немци, дошли от Берлин) и на дъщеря на богат залцбургски търговец. Роден е във Виена на 20 февруари 1844 г., през нощта между карнавалния вторник и началото на великденските пости, „между щастие и депресия”, както той сам коментира по-късно. Благосъстоянието на майка му позволява да започне елементарното си образование с частни уроци в къщи. Учителят му по пиано е самият Антон Брукнер (1824-96). Възпитан е (както и по-малките му брат и сестра) като католик (религията на майка му) – предимно от монаси в академичната гимназия в Линц, където баща му е преместен да работи. Гимназист (прекалено амбициозен по негова собствена преценка), преживял на 15 години смъртта на баща си от туберкулоза, Болцман изкарва матурата с отличие и записва през 1863 г. математика и физика в университета във Виена. 28-годишният Йозеф Шефан (1835-93), вече директор на Института по физика, е от първите привърженици на максуеловата електромагнитна теория на континента. „Когато контактите ми със Шефан се задълбочиха – си спомня по-късно Болцман – първото нещо, което ми даде още докато бях студент, беше копие от статиите на Максвел³⁵. Даде ми и английска граматика, тъй като не знаех и дума английски (речник бях получил от баща си).” Неслучайно в първата публикация на Болцман (от 1865 г.) се прави приложение на електродинамиката на Максвел. Започвайки от втората си статия (1866), Болцман се посвещава на темата на своя живот: разбиране на „макро“-свойствата на газовете чрез движението на техните молекули. В нея се предлага „чисто механичен извод“ на втория закон на термодинамиката – без използване на понятието вероятност (което, както той сам ще си даде сметка, не е възможно³⁶). Болцман получава докторска степен (това не изисква защита на дисертация във Виена до 1872 г.) три години след постъпването си в



Йозеф Шефан (1835-1893)

университета. През 1867 г. той става асистент на Шефан, който го въвежда в своята област – теория на газовете, а година по-късно вече е частен доцент. В своята следваща работа (1868, както повечето негови статии доста дълга, 44 страници) Болцман, дава подробен извод на разпределението на Максвел и го обобщава за случая, когато върху газа действат външни (гравитационни) сили. Формулата за вероятността $W(E)$ системата („каноничен ансамбъл“) да има енергия E при температура T (изведена от Болцман през 1871) има вида

$$W(E) = e^{-\beta E/Z}, \beta = 1/kT, \quad (2.1)$$

където k е константата на Болцман, а Z е статистичната сума, определена така, че сумата от вероятностите на всевъзможните състояния да е единица.

Ще приведем елементарен извод на дискретен вариант на закона (2.1) в духа на по-късна работа на Болцман (виж 3.1). Разделяме $6N$ -мерното фазово пространство³⁷ Γ на m клетки с n_j молекули с енергия E_j всяка ($j = 1, \dots, m; 1 \ll m \ll N$). Приемаме, че вероятността за разглежданото състояние е пропорционална на броя на разбиванията на N на сума $n_1 + n_2 + \dots + n_m$; този брой се дава с $W_N(n_1, \dots, n_m) = N!/(n_1! \dots n_m!)$. Натуралните числа n_j са подчинени на връзките $\sum n_j = N$, $\sum n_j E_j = NE$ (означавайки така пълната енергия на системата, E играе ролята на средната енергия на една частица). Варирайки $\ln W_N$ минус връзките с лагранжеви множители α и β по n_j и използвайки формулата на Стирлинг, $\ln n! \approx (n + \frac{1}{2}) \ln n + C$, намираме „оачкваната стойност“ $\langle n_j \rangle$ на n_j :

$$\langle n_j \rangle = \frac{N f(\mathbf{r}_j, \mathbf{v}_j)}{Z} = \frac{N e^{-\beta E_j}}{Z}, Z = \sum n_j e^{-\beta E_j} \left(\sum \langle n_j \rangle = N, \beta = \frac{1}{kT} \right). \quad (2.2)$$

В края на статията Болцман постулира *микрoканоничното разпределение* за система от N частици с хамилтониан $H(x)$ (x е точка от Γ):

$$\rho(x) = \delta(H(x) - NE), x = (\mathbf{p}_1, \dots, \mathbf{p}_N; \mathbf{q}_1, \dots, \mathbf{q}_N). \quad (2.3)$$

Тук $\delta(\cdot)$ е делта-функцията на Дирак, която гарантира равенството $H(x) = NE$, т.е. принадлежността на точките x от Γ на хиперповърхнината с енергия NE . Той възпроизвежда от него вероятността (2.1) да се намери частица с енергия E в границата, когато броят на частиците N клони към безкрайност.

През 1869 г. 25-годишният Болцман е поканен като професор по математична физика в Университета в Грац (главен град на Щирия, днес – втори по големина в Австрия, „градът на зеленината“). По-късно той си спомня с носталгия времето, когато е бил частен доцент в малката лаборатория на Шефан: *символ на честна и вдъхновена работа ... Институтът в Грац разполагаше може би с два пъти повече място, но аз не успях да пресъздам духа на Ерцберг (улицата на виенската лаборатория). ... Днес разполагаме с прекрасна апаратура, а хората се питат как да я използват. Ние бяхме пълни с идеи, само екипировка не ни достигаше.*

2.2 Болцман на 28: транспортно уравнение и „теорема за минимума“

Кулминация на усилената работа на Болцман в Грац е неговата статия (1872) „По-нататъшни изследвания върху термодинамичното равновесие на газови молекули“ (съвсем неангажиращо заглавие!). Тя съдържа две основополагащи, актуални и днес открития: (транспортното) *уравнение за плътността на вероятност* $f_t = f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)$, носещо неговото име, и „теоремата за минимума, наречена (Burbury, 1876) *H-теорема*. Така Болцман дава начало на термодинамиката и на кинетичната теория на *неравновесни процеси* – главните постижения, които се свързват с неговото име. Статията дава повод и за сериозни критики. Когато по-късно Болцман им отговаря, той уточнява предположенията и условията за валидност на твърденията, но основните резултати не се променят.

Ще скицираме някои идеи и предположения, залегнали в извода на уравнението на Болцман. Той започва с уравнението на Лиувил, изразяващо запазването на обема на всяка област от $6N$ -мерното фазово пространство под действието на хамилтонова еволюция. Тъй като работата с плътността ρ на точките в това фазово пространство (която зависи от $6N$ променливи) е необозримо сложна, Болцман разглежда (плътност на) вероятността $f(\mathbf{r}, \mathbf{v})$ за намиране на една молекула в точката $\mathbf{r}$ със скорост $\mathbf{v}$, която се получава чрез интегриране плътността ρ на Лиувил по останалите $6(N-1)$ променливи (замеждайки импулсите с произведенията $(\mathbf{p} =) m\mathbf{v}$). Той предполага, че има работа с разреден газ, когато може да се ограничи с разглеждането на съударения на две молекули, а сблъскването на три и повече частици се пренебрегва. Пълната промяна във времето на $f(\mathbf{r}, \mathbf{v}; t)$ се дава с:

$$\partial f / \partial t + \mathbf{v} \nabla_{\mathbf{r}} f = Q(f, f) := \int \sigma(\Omega) |\mathbf{v} - \mathbf{u}| (f(\mathbf{v}') f(\mathbf{u}') - f(\mathbf{v}) f(\mathbf{u})) d\Omega d\mathbf{u}, \quad (2.4)$$

където $\mathbf{u}$ и $\mathbf{v}$ ($\mathbf{u}'$ и $\mathbf{v}'$) са скоростите на двете частици преди (след) съударението, Ω е двумерен сферичен ъгъл, който включва ъгъла на разсейване между векторите $\mathbf{v} - \mathbf{u}$ и $\mathbf{v}' - \mathbf{u}'$, $\sigma(\Omega)$ е ефективното сечение на разсейване на молекулите. Видът на квадратичната форма $Q(f, f)$, даваща изменението на вероятността f в резултат двучастичното взаимодействие, отчита *хипотезата за молекулен хаос* (виж 1.3): подинтегралната функция е кратна на произведението от едночастични вероятности. Сечението $\sigma(\Omega)$ се взема от опита или се пресмята теоретично. За еластични сферични молекули с диаметър d то е пропорционално на лицето на кръг с радиус d : $\sigma \sim \pi d^2$; в този случай предположението за молекулен хаос е изпълнено в границата на Болцман-Град³⁸, когато $d \rightarrow 0$, $N \rightarrow \infty$, а Nd^2 е крайно.

Заинтересуваният читател може да научи повече за уравнението на Болцман („най-красивото уравнение на света“ по думите на Седрик Вилани от неговата книга „Живата теорема“ [V]) и за H-теоремата от достъпните в Интернет [V] и Franz Vesely, Boltzmann's Transport Equation.

Както видяхме, начален стимул за работите на Болцман по кинетичната теория е желанието да изведе разпределението на Максвел. Той не само показва, че това разпределение е равновесно решение на неговото уравнение, но привежда аргументи,

че то е единственото решение с това свойство. За тази цел той показва, че определен функционал от $f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)$, монотонно намалява

$$H[f_t] := \int f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t) \ln f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t) d^3\mathbf{r} d^3\mathbf{v} \Rightarrow d/dt H[f_t] \leq 0, \quad (2.5)$$

като следствие от неговото уравнение. Нейната производна по времето се анулира само ако f се дава с максвеловото равновесно разпределение. Величината $-kH$ Болцман отъждествява за равновесни процеси с термодинамичната ентропия. По този начин не само дава механично обяснение на втория закон, но и предлага обобщение на понятието ентропия за необратими процеси и показва, че тя расте.

Ред формулировки и доказателства, както е обикновено при първопроходци, се нуждаят от уточняване. Болцман смесва средното по времето за дадена молекула със средното по броя на молекулите в даден момент. Както отбелязват съпрузите Еренфест (1912) тяхното твърдение предполага, че е в сила ергодичната хипотеза, в справедливостта на която сам Болцман проявява съмнение [SEP, 2]. Неговото доказателство на *H-теоремата* също не е строго, но интуицията му не го лъже. Твърдението е доказано за едноатомен газ от Карлеман (1933). За многоатомни газове още Лоренц³⁹ (1887) обръща внимание, че аргументите на Болцман не са достатъчни. Първото доказателство на *H-теоремата* за този по-общ случай е дадено от Е. Щюкелберг (1952) с използване унитарността на матрицата на разсейване – понятие от квантовата теория.

През 1873 Болцман не устоява на изкушението да приеме покана като професор по математика във Виена. Преди да замине в Грац, той се сгодява за първата студентка в университета, синеоката Хенриета (допусната по изключение на лекции, въпреки решението на факултетния съвет да не приемат студентки; след годеща и заминаването на Болцман тя не се съпротивлява повече и отива да учи готварство в дома на кмета, приятел на покойния ѝ баща). Техните писма от този период са запазени и през 1985 г. внукът им (професор по физика във Виена, Д. Флам) ги публикува. В едно от тях, две години след раздялата, през септември 1875 г., Болцман ѝ предлага да се оженят. Той ѝ пише, че не може да има трайна любов между двамата, ако жената не разбира това, което прави мъжът ѝ, и ако не споделя неговия ентузиазъм ([C, 1.1] с. 12). В Грац му предлагат по-добри условия за работа в новообзаведения Институт по физика (място, за което кандидатства и Мах) и през 1876 г. Болцман се завръща в Грац и се оженва за Хенриета.

3. Критики и развитие на идеите. Край на идилията

3.1 Парадоксът на обратимостта: Лошмид-Болцман и англичаните

*So there is a general tendency for H to diminish,
although it may conceivably increase in particular cases.
Just as in matters political, change for the better is possible,
but the tendency is for all change to be from bad to worse.*
Burbury (1895) [BMU]

Първи Келвин (1874) изказва простото съображение, че щом основните закони на

физиката (които не включват триенето), отразени в уравненията на (хамилтоновата) механика, са симетрични спрямо смяна на знака на времето, от тях няма как да следва наблюдаваната необратимост на макро-явленията. Болцман реагира едва когато неговият старши колега и приятел от Виена Лошмид (1876) споменава между другото за парадокса на необратимостта. Болцман пише две последователни статии (*Wiener Berichte* 75 и 76, 1877); в първата (39 с.), след като похвалва Лошмид за остроумното възражение, той обяснява, че случаите, когато Н-теоремата (и вторият закон) се нарушава, са много по-малко вероятни, защото техният брой е много по-малък:

„Наистина, ясно е че всяко отделно равномерно разпределение, което би възникнало след известно време от някое частно начално състояние, е също тъй невероятно като отделните неравномерни разпределения; както в играта на лото, всяка отделна подредба от числа е също тъй малко вероятна като 1, 2, 3, 4, 5. Само защото има много повече равномерни, отколкото неравномерни, с времето ще е по-вероятно да срещнем равномерно разпределение“ ([C, 5.2] с. 99). Да поясним: броят на случаите, когато числата a, b, c, d, e взимат пет различни стойности (т.е., броят на пермутациите на числата от 1 до 5), е $5! = 120$, докато случаите, когато те са равни помежду си, е само 5. Болцман не указва обаче предположението, което би довело до еволюция към по-вероятно разпределение. Ако приемем, че е нужен критерий за допустимост на началното разпределение, то, за да получим нужния резултат, би трябвало да предположим, че този критерий е несиметричен спрямо избора на направлението на скоростите, което не би било естествено. Този въпрос остава открит още близо две десетилетия и ние ще се върнем на него в края на този раздел.

Втората работа от 1877 (63 с.) обяснява по нов начин еволюцията към равновесно разпределение. Тя се смята за основополагаща за статистичната механика. Ще се опитаме да обясним за какво става дума.

Наред с $6N$ -мерно фазово пространство на микросъстоянията x на целия газ, разглеждаме 6-мерното многообразие M на състоянията на една молекула (наречено M -пространство). Разделяме M на m непресичащи се паралелепипеди – клетки с равни размери, всеки от които се характеризира с определена енергия E_i . (Бихме могли, следвайки [G, II] (и предсещайки кванта на действието h на Планк), да си мислим, че всяка стена от тип (p, q) , на 6-мерния паралелепипед има площ h). Макросъстоянието $Z = (n_1, \dots, n_m)$, където цялото положително число n_i дава броя на молекулите в клетката i , може да произлезе от много различни микросъстояния (получени едно от друго с пермутация на частиците). Означаваме с $\Gamma_Z \Gamma_Z$ множеството от всички такива микросъстояния: $\Gamma_Z = \{x \in \Gamma; Z(x) = Z\}$. Обемът $|\Gamma_Z|$ на Γ_Z е пропорционален на броя на пермутациите, които водят до макросъстоянието Z . При даден общ брой на частиците $N = \sum n_i$ и пълна енергия $NE = \sum N_i E_i$ Болцман си поставя задачата да определи макросъстоянието, за което този обем е максимален. Както вече се убедихме (в раздел 2.1), максимум се достига, когато n_i се дават с дискретен вариант на каноничното разпределение (2.1). Нещо повече, дискретният образ на Н-функцията

е пропорционален на логаритъма на обема $|\Gamma_Z|$: $-NH = \ln|\Gamma_Z|$. С други думи, ентропията на дадено макросъстояние се дава с логаритъма на обема на съответната област от фазовото пространство. Забележително е, че изводът е направен без специални хипотези за динамиката. Предположението, че пълната енергия е сума от енергиите на отделните молекули обаче говори за пренебрегнато взаимодействие.

По-късните коментатори отбелязват, че Болцман въвежда в отговор на критиките нови хипотези, без да го казва изрично. Всъщност, новите аргументи възникват у него като естествено развитие на изходната му мисъл. Особено съществен е преходът от вероятността f за намиране на една молекула във фазовото пространство към макросъстоянието Z , което характеризира системата като цяло. Според историка на науката Мартин Клайн (1924-2009) именно този концептуален преход трябва да се смята за рождена дата на статистичната механика [SEP, 4.1.3].

Малко встрани от тези принципни въпроси е блестящата работа на Болцман от 1884, в която той дава теоретичен извод на емпиричния закон на своя учител Щефан, според който енергията на излъчване на източник е пропорционална на четвъртата степен на абсолютната температура T . Има разнوبой в оценките на работите на Болцман от 1880-е години и особено на статията от [B884], посветена на моноцикличните процеси, която се връща към ергодичната хипотеза (и, възможно, е стимулирана от критичната предсмъртна статия на Максвел „За теоремата на Болцман“ от 1879). Ако образованият философ и историк на науката Уфинк се ограничава в [SEP, 1.4] с няколко реда, обяснявайки, че „статии на Болцман от 1880-е са привлекли много по-малко внимание“, то за физика и математик Джовани Галавати [G, 1] „във фундаменталната работа [B884], вдъхновена от Хелмхолц, Болцман завършва своята програма за извеждане на втория закон от механиката.“

Нека: (1) абсолютната температура T се дава със средната по един период кинетична енергия на периодичноменяща се макроскопична колекция от N еднакви частици, взаимодействащи с какви да е 2-частични сили; (2) енергията U е сума от кинетична и потенциална; (3) тримерният обем V , който ограничава координатите q , се представя като потенциал с твърди стени (така че потенциалната енергия в (2) се мисли като зависеща от параметъра V); (4) налягането P е равно на средната стойност на силата, упражнявана от движещите се частици върху стените. (Тази сила се отъждествява с минус производната от потенциалната енергия по обема.) При тези предположения в [B884] се доказва, че величината dS в уравнение (1.4) е пълен диференциал, чийто интеграл между две състояния дава разликата на техните ентропии. Според Галавати [G, 1] „статията [B884] е останала незабелязана от физиците, може би защото започва с обсъждане на термодинамична аналогия с пръстените на Сатурн – блестящ пример, но обезкуражил потенциалните читатели на тази дълбока и оригинална работа.“

Ще направим скок във времето и мястото, за да стигнем до логическия край на споровете около парадокса на необратимостта, пренасяйки дискусиите в Англия и на страниците на *Nature* през 1890-те години (виж [U07] и [BMU]). След като Максвел е пионерът на кинетичната теория, не е чудно, че парадоксът се обсъжда най-напред в

Англия, първоначално в частна кореспонденция между Максвел, Томсън и Тейт⁴⁰, а след това в споменатата в началото (на раздел 3.1) работа на Томсън (1874). Въпросът е поставен ясно през 1890 в статия на ирландския физик *E. P. Culverwell* (1855-1931), която завършва с думите: „Ще ми каже ли някой какво точно доказва Н-теоремата?“ Може би най-интересен е приносът на Бърбъри⁴¹ в дебата, последвал на страниците на *Nature*. Той изяснява, че предположението за молекулно разбъркване/хаос (*molecular disorder*, т.е. болцмановият *Stosszahlansatz*), с други думи хипотезата за независимо (случайно) разпределение на молекулите *преди* съударението вече е несиметрична относно посоката на времето. Болцман, получил през 1894 г. званието почетен доктор на Университета в Оксфорд, на среща на BAAS⁴² взема участие в дискусиата ([B895]). Той напомня казаното преди 20 години, че неговата *теорема за минимума* (както той нарича първоначално Н-теоремата) твърди само какво е по-вероятно. Съгласява се, че при извода ѝ се използва хипотезата за молекулен хаос, но смята, че тя ще се изпълнява, когато средният свободен пробег на молекулите е голям спрямо средното разстояние между две молекули (за повече подробности виж [SEP, 5.3] и [BMP, 8]). Именно тези статии има предвид преди всичко Лебовиц [L], когато пише, че късните работи на Болцман „са много ясни и си струват парите“ („...and right on the money“).

3.2 Цената на успеха: психическа криза

*Манастирът тесен за мойта душа е.*⁴³

Животът на младото семейство в Грац започва щастливо, почти идилично. Любител на природата, Болцман не се задоволява с апартамента, който му се дава във физическия институт, а се сдобива с чифлик в Оберкройсбах на височина, оглеждаща голяма част от Щирия. Купува си крава и се консултира с колегите си зоолози как най-добре да я дои. Елзаското му куче слиза по обяд от чифлика и го чака пред института, за да го придружи до кръчмата, където лежи в краката му, докато Болцман обядва. В Грац се раждат четири от петте им деца (Лудвиг-Хуго 1878-1889, Хенриета 1880-1945, Артур 1881-1952, Ида 1884-1910). Той е ценен и в контакт с водещите физици на своето време: освен задочния диалог с рано починалия Максвел, той се радва на вниманието на Лоренц, среща се в Берлин с Кирхоф⁴⁴ и Хелмхолц. Нернст и Арениус⁴⁵ слушат негови лекции в Грац; канен е в двореца на императора⁴⁶ ([C, 1.1] с. 15). Но тук нещо се пропуква. Има, впрочем, предвестник: през 1885 г., когато Болцман е на 41, умира майка му, с която той е бил близък (баща му е починал 26 години по-рано). През цялата година той не пише нищо – нито статии, нито даже писма. През 1887 г. е избран за ректор на университета в Грац. Не е само чест: на 22 ноември 1887 г. пронемски студенти свалят императорския бюст в една от залите и държат анти-Хабсбургски речи. Ректорът (наблюдаван от губернатора) трябва да ги накаже, даже ако им съчувства.

Уникална възможност да се потопим в живота на последните десетилетия на Австро-унгарската империя ни дава преведеният у нас, пълен с ирония роман [M] на Robert Musil (1880-1942). Авторът му защитава през 1908 г. в Берлин докторат по философия, естествени науки и математика, в който критикува позитивистката

философия на Мах. Главният герой на неговия роман, математикът Улрих, „човекът без качества“, подхвърля идеята, че в етиката всичко хвърчи напосоки като молекули в газ, а произвежда стабилни средни резултати и съглашения... Действието се развива в страна с непристойно звучащото име Какания, от въздъщите инициали КК (kaiser-königlich), императорски-царски, които предшестват името на всички основни институции в Австро-Унгария.

Болцман е разтроен, вълненията продължават. Точно тогава, в края на 1887 г. той е поканен в Берлин; там му предлагат да оглави катедрата на Кирхоф, починал същата есен. Голяма (заслужена!) чест и щастлив случай да се отърве от местните неприятности? Болцман, обратно, съвсем се обърква. Той приема поканата, без да обяви официално, че напуска Грац – и Австрия. Това се разчува, „извънредният професор“, поел дотогава цялата административна дейност, напуска университета, за да стане професор в политехниката; друг колега моли да му дадат допълнително помещение за сметка на заминаващия... Университетът, от своя страна, иска да го запази, уговарят го да остане. Болцман е принуден да участва в двойна игра, което го потиска („умея много по-добре да интегрирам, отколкото да интригувам“, пише той по подобен повод). Последвалите негови стъпки са свидетелство за пълно разстройство. Официално назначен в Берлин (през март 1888 г.), той пише, че ще му е трудно да поеме катедрата заради късогледството; след като това не проработва (отговарят му, че ще го приемат с искрено разбиране на неговия проблем...), той пише второ писмо, че не може да приеме, със съвсем нелепо звучащото (макар и искрено изстрадано!) обяснение: че си е дал сметка, че досега (при лекциите си в Грац) е пренебрегвал обширни и важни глави на математичната физика, които не би трябвало да пропуска в Берлин. „От друга страна, моята съвест не ми позволява да започна новата високоотговорна работа, без да бъда напълно подготвен за цялата област, за която съм назначен.“ През юли 1888 г. кайзер Вилхелм анулира назначението. Но доброто спокойно време не се връща. Вече не го свърта в Грац. В края на годината той пише на Хелмхолц, че здравето му се е възстановило и той отново се интересува от катедрата в Берлин... Може би подобно капризно и нелогично държане има неизказано основание: идиличният провинциален Грац става „тесен“ за науката на Болцман? (Навремето това поведение се диагностицира като пръв пристъп на *неврастения*; днес говорят за *маниакално-депресивен синдром*. Не знам дали медицинските термини ни помагат да разберем гения, който внезапно е почувствал, че губи почва под краката си.) През следната, 1889, умира на 11 години първородният му син Лудвиг – поради погрешна диагноза (Болцман вини себе си). Физиките в Мюнхен разбират ситуацията и с помощта на известния химик von Baeyer (1835-1917, Нобелова награда за синтезиране на индигото, 1905) създават една от първите в света катедри по теоретична физика, за да поканят Болцман, който веднага (1890) приема поканата. В Мюнхен Болцман прекарва може би последните четири (относително) спокойни и щастливи години в живота си. Тук се ражда (1891) Елза, любимата най-малка дъщеря. Студенти от цял свят идват да го слушат (включително японецът Нагаока, оставил интересни спомени – виж [С, 1.3]); професорите

му симпатизират (събират се веднъж седмично на чаша бира; по внушение на колеги математици Болцман започва да чете дори лекции по теория на числата!); живее недалеч от университета и от операта (където слушат семейно Вагнер и своя сънародник Вилхелм Кинцл). Има обаче и повод за безпокойство: професорите в университета нямат пенсия; баварският физик Георг Ом (1789-1854) останал на края на живота си в Мюнхен сляп, без средства (а зрението на Болцман е било вече толкова лошо, че жена му е трябвало да му чете интересувашите го научни статии). Още от 1892 г. Болцман пише на Лошмид за носталгията си към „милата стара Австрия“. Три месеца по-късно умира неговият учител Щефан във Виена и започват опити да привлекат Болцман на освободеното място. Колегите в Мюнхен правят усилие да го задържат и издействат съществено увеличение на заплатата му. През пролетта на 1894 г. той всеки ден мени решението си: дали да приеме поста във Виена (където са обединили за него две катедри и му обещават пълна пенсия, отчитайки прослужените години в Грац) или да остане в Мюнхен. Накрая избира Виена (и с пристигането си там почва да съжалява за направения избор).

4. Последни години

4.1 Мах и енергетиците

Началната еуфория на Болцман от усилията на неговите колеги да го върнат в неговата *Алма матер* не трае дълго. След 18-годишно отсъствие той не намира във Виена групата от приятели и съмишленици, която очаква. Особено след като Ернст Мах, който проявява високомерно презрение към „атомната метафизика“, заема катедрата по история и философия на науката през 1895 г., Болцман се чувства неуютно. Най-ярки последователи на Мах са *енергетиците*, водени от Оствалд⁴⁷ в Лайпциг; според тях, вместо да се въвеждат ненаблюдаеми обекти като атомите, всичко трябва да се сведе до обмен на енергия. Болцман дава бой на тези възгледи на конференцията в Любек (1895). Ще цитираме свежото описание на един свидетел на дискусиата: младият Зомерфелд⁴⁸, поел (от 1906 г.) катедрата на Болцман в Мюнхен: „Битката между Болцман и Оствалд приличаше на дуел на бик с ловък тореадор. Тоя път обаче бикът победи въпреки ловкостта на противника. Доводите на Болцман убеждаваха. Ние, младите математици, бяхме всички на негова страна.“ Ако каузата на енергетиците защитава единствено Георг Хелм (1881-1923), последовател на Оствалд (който не е запомнен с друго), то на страната на Болцман застава известният гьотингенски математик Феликс Клайн (1849-1925), чийто докторант и асистент е Зомерфелд. Сам Оствалд, за негова чест, признава, че Болцман „блестеше пред всички нас със своя остър ум и ясна мисъл“.

Въпреки успеха, необходимостта постоянно да защитава своите научни възгледи изморява Болцман: ако в Англия (1894) той среща както критици, така и съмишленици, то в немскоезичния свят той вижда предимно високомерен скептицизъм. След енергетиците и при постоянното присъствие на техния вдъхновител, колегата Мах, на него му предстои да спори с наистина сериозно възражение, изказано от Ernst Zermelo

(1871-1953). Цермело, който е запомнен с по-късните си работи по основи на математиката и аксиомата за избора, е по това време (1894-97) асистент на Макс Планк (професорът, поел през 1889 г. катедрата на Кирхоф в Берлин, от която Болцман, не без колебания, се бе отказал през 1888 г.).

4.2 Безкрайното възвръщане

Един ограничен свят, подчинен на законите на механиката, винаги ще минава през състояние, произволно близко до началното.

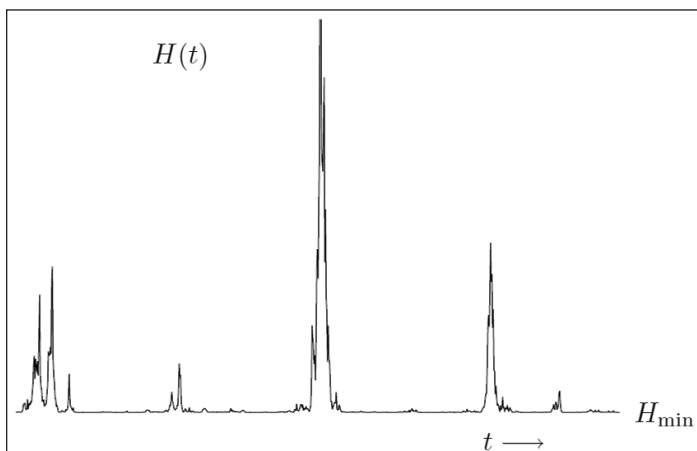
Поанкаре⁴⁹ [Р]

Отрицанието на дълбока истина е също дълбока истина.
Бор⁵⁰

В споровете за втория закон отрано се намесват математици и философи. В обшир-на работа (270 с.) от 1890 г., посветена на задачата за три тела в небесната механика, Поанкаре доказва следната теорема: *Ако еволюцията на динамична система запазва мярката на Лиувил (както това е изпълнено в хамилтоновата механика, където се запазва обемът на фазовото пространство) и ако поражда само ограничени орбити, то в околността на всяка точка от фазовото пространство минават траектории, които се връщат в тази околност след крайно време*⁵¹. Три години по-късно, в статия във философско списание [Р], Поанкаре се позовава на тази теорема, за да постави под съмнение механичната интерпретация на наблюдаваната природа – и в частност на втория закон на термодинамиката. „Съгласно английската кинетична теория“, пише Поанкаре, „светът се стреми към равновесно състояние и остава дълго време в него, в съгласие с опита, но той не остава там завинаги. Той просто прекарва там много дълго време, толкова по-дълго, колкото по-многобройни са молекулите. Това състояние не е крайната смърт на вселената, а е нещо като дрямка, от която ще се събуди след милиони и милиони векове.“ Изглежда, че статията не е била забелязана в Германия (може би защото споменава само „английски теории“). Болцман реагира едва когато Цермело (1896) прави подобни изводи. За газ в краен обем, енергийната повърхност Γ_E във фазовото пространство е ограничена (има крайна мярка на Лиувил); съгласно теоремата на Поанкаре, ако изключим множество от сингулярни точки x (с мярка нула) всяко състояние от Γ_E ще се възвръща произволно близко до изходното. Няма непрекъснатата функция S на Γ_E такава, че $S(x_t)$ да расте при всяко t . Следователно, заключава Цермело, *ентропията може да расте при всяко t само ако тръгва от някое сингулярно състояние, от което и най-малката пертурбация би я извела.*

Болцман отговаря с известна досада: че многократно е обяснявал, че теоремите в газовата динамика имат статистически характер и не следват само от законите на механиката. „Статията на Цермело показва, че моите работи не са били разбрани; трябва все пак да се благодарят, че поне са забелязани в Германия.“ Той обяснява, че голямата част от времето всяка система се намира близо до равновесно състояние, в което H -функцията има минимална стойност, че наблюдаваното състояние на вселената

е малко вероятно – близко до максимум на H -функцията, от който тя намалява, и че времето за възвръщане (до момент, когато H -функцията би могла да расте) е невъобразимо голямо и човечеството няма да го доживее. (Въпреки че обосноваването на последното твърдение, дадено от Болцман, не е пълно, и по-строги оценки потвърждават, че „времето за възвръщане“ надвишава с много порядъци възрастта на вселената.)



Фиг. 2: Символична графика на H -функцията

Така в дискусиата Болцман за пръв път изяснява ролята на началните (космологични) условия, за да е в сила законът за нарастване на ентропията. Нещо повече, когато Цермело възразява, че вторият закон на термодинамиката изисква ентропията да расте винаги, а не само при специални начални условия, Болцман отговаря, че въпросът не стои какво би се случило при произволни начални условия, а какво ще стане, когато системата е в нейното сегашно състояние (което има невероятно малка ентропия!).

Този отговор представлява сериозно отстъпление от ранните надежди на Болцман. Законът за нарастване на ентропията се редуцира до твърдението, че тя през повечето време е стационарна, а при специалните начални условия, на които сме свидетели – расте; и макар че по теоремата на Поанкаре (в чиято справедливост никой няма съмнение) тя неизбежно някога ще почне да намалява, до противоречие с опита не се стига, тъй като никой няма да доживее това време. Както ехидно отбелязва Цермело, „това пояснение не беше излишно“ (виж [U07.4.5], особено пункт 4.5.4). Трябва ли да се учудваме, че математици (и философи) взимат страната на Цермело? Сам Болцман се чувства неразбран и изолиран. Това личи не само от приведената иронична забележка в отговора му на Цермело. Дори през щастливия мюнхенски период (1891 г.) той пише на Лоренц, който е забелязал (за втори път) грешка в негова статия: „Още от пощенската марка и от почерка на плика разбрах – и се зарадвах, че писмото е от Вас. Разбира се, че всяко Ваше писмо означава, че нещо съм сбъркал, но при това научавам толкова много, че ми се иска да правя още грешки, за да получавам повече Ваши писма.“ И в предишно писмо (Грац, 1886 г.): „Много се радвам, че намирам във Ваше лице човек, който работи над развитието на моите идеи по теорията на газовете. В Германия няма почти никой, който да ги разбира както трябва“ (цитирано по [C96, 2]). Както и при отговора си на Лошмид, Болцман привежда аргументи от различни гледни точки и се старее да ги формулира възможно най-ясно. Той вероятно

сам разбира, че те не са достатъчни, за да убедят скептично настроените опоненти. (Днес бихме могли да посочим, че в границата на Болцман-Град (пункт 2.2), в която броят на частиците клони към безкрайност, възвръщане няма. Този резултат, получен половин век след водения спор, би прозвучал по-убедително за математика, макар че за наблюдателя твърденията, че нещо не може да стане по-рано от милиарди времена на живот на вселената или че то никога няма да стане, би трябвало да са равностойни.) По думите на Уленбек⁵², цитирани от Коен [С96, 2], статистичните аргументи на Болцман са понякога недостатъчно ясни и това е подбудило (неговия студент) Еренфест да напише заедно с жена си голяма статия в енциклопедията (1912), за да отговори на отправяните критики. *Когато*, продължава Коен, *Уленбек произнесе възмутено: „този проклет Цермело, ученик на Планк, между другото“, аз чух през две поколения ехото от неправдата и от мъката, причинени на Болцман от неговото недружелюбно обкръжение*. Може да се спори дали и до каква степен немските колеги на Болцман са били „недружелюбни“, но казаното не оставя съмнение как сам той (и как негов почитател-студент) е възприемал тези критики.

За загатнатите отношения между Болцман и Планк се знае – и заслужава да се каже – повече (виж [С, 11.5 и 12.3], [В09], [G02], [К]). Планк вярва в абсолютния характер на законите на термодинамиката и дълго се отнася с недоверие към опитите на Болцман да обясни нарастването на ентропията статистически, използвайки кинетичната теория. Той следва философията на Мах и симпатизира на възгледите на енергетиците. Като изучава излъчването на черно тяло, той се опитва да го изведе от електродинмиката на Максвел. В Доклад до Берлинската Академия (1897) Болцман, поучен от критиката на Лошмид, обръща внимание, че това не върви заради парадокса на обратимостта. Към момента на откритието на своя живот – законът за чернотелното излъчване – Планк се е обърнал във вярата на старшия си австрийски събрат. Праволинен и честен, той става активен противник на Мах и Оствалд [С, 11.5]. В знак на признание към Болцман той го предлага (безуспешно) за Нобелова награда през 1905 и 1906 г. Сам получил наградата (1918), Планк отдава дължното на неговото влияние в Нобеловата си реч⁵³.

4.3 Виена-Лайпциг-Виена

*Само преди час аз исках да умра.
„О, Господи, спести ми тази мъка!“
А на небето мъката ни липсва.*⁵⁴

Болцман скоро си дава сметка, че връщането му във Виена не е било за добро. През декември 1898 г. той пише на Оствалд, че „тук има далеч по-малко студенти, готови за научна работа“ отколкото в Германия [С, 1.4]. През 1900 г. Болцман приема назначение като професор по теоретична физика в Лайпциг. Макар че пише на Оствалд, че като получил поканата, той излязъл от своето „депресивно настроение“, действителното решение да я приеме и да напусне Виена така разстройва нервите му, че му се налага да прекара известно време в болница. Лайпциг също не е за него. Оствалд е любезен, но възгледите му са непримиримо чужди. Болцман се чувства потиснат; опитва се да

сложи край на живота си. Когато колега го пита защо се чувства нещастен, той няма отговор.

През 1901 г. Мах получава мозъчен удар и се пенсионира. Оставил катедрата си незаета, Болцман се връща (1902 г.) във Виена. Властите не му прощават веднага бягството. Говори се, че той е психически болен и няма да може да си изпълнява задълженията като професор. Министърът на образованието е длъжен да търси съвета на психиатри и лекари, които са лекували върнали се от Лайпциг. Болцман трябва да подпише, че няма да напуска вече работата си в Австрия. Сам Франц-Йосиф настоява неуправляемият професор да почака (две години) преди да бъде възстановено членството му в Императорската академия. Натоварването му с лекции не е малко, а здравето на Болцман е разклатено: нощем той се буди от задуха (астма), зрението му се влошава до такава степен, че се налага да плаща на позната, за да му чете научни статии, а жена му да пише под диктовка неговите собствени. Из нейно писмо от февруари 1903 г. до дъщеря им Ида: „Татко ти е от ден на ден по-зле. Той губи вяра в нашето бъдеще.“ ([С, 1.4]).

Настроението му се повдига при неговата първа лекция по философия – вместо пенсиониралия се Мах. Най-голямата аудитория не побира желаещите да го слушат. Болцман е посрещнат и изпратен с ентузиазирани овации. Вестниците отразяват събитието. Императорът го кани на аудиенция, за да му каже колко е доволен от завръщането му в Австрия; споделя как е научил за търпата, дошла да го чуе. След първите блестящи лекции обаче вдъхновението на професора, а с него и ентузиазмът на публиката намаляват. През щастливия творчески период в Грац той не се е поддавал на философската съблазън, а сега има чувство, че се проваля. От писмата му до Брентано⁵⁵ личи, че той отдава голямо значение на тези лекции. При Брентано във Флоренция той отива като при своя личен психиатър.

През лятото на 1905 г., отново в поход, Болцман пътува (за трети път) в Америка – поканен е (заедно с Оствалд) на лятна школа в Бъркли, Калифорния, където изнася 30 лекции. Остава забавно описание на това пътуване, озаглавено *Пътешествието на един немски професор в Елдорадо*. (Водата не му понася. Оплаква се, в писмо до свой асистент, че „кроят виното, както ученик цигарата“).

През пролетта на 1906 г. Болцман е отново в депресия и не може да завърши курса си. (Слушатели, които си спомнят как той се вживява в лекциите, са с впечатление, че той е щастлив да ги изнася. Асистентът му свидетелства, че това го измъчва. Като амбициозен актьор, той чувства неудачите и те го потискат.) Неговият студент и бъдещ зет⁵⁶ Лудвиг Флам описва как като си тръгнали (с друг колега) от вилата на Болцман, след като си взели там изпита по прекъснатите лекции, чули сърцераздирателен стон. Виенският философ и психолог А. Höfler (1853-1922), учил при него и при Брентано, посетил Болцман по Великден 1906 г., повтаря думите му: *Никога не бих повярвал, че такъв край е възможен*.

В края на ваканцията на адриатическия бряг, в Дуино край Триест, на 5 септември 1906 г., в деня преди да си тръгнат обратно за Виена, където Болцман е трябвало да

започне лекциите си през новия семестър, 15-годишната му любимка Елза, пратена от майка си да го викне, го намира обесил се в хотелската стая.

Благодаря на Христина Христова за помощта при коригирането на текста и за фигурите.

Бележки

34. L. Boltzmann, *On the significance of theories* (1890) (Populäre Schriften, Leipzig 1905; английски превод в [В]); цитирано от Н.Н. Боголюбов, *Успехи Физических Наук* **61**:1 (1957) 151

35. Вдъхновен от уравненията на Максвел, Болцман продължава стиха на Goethe (1749-1832) „Was es ein Gott der dieser Zeichen schrieb?“ („*Не Бог ли е написал тези знаци*“), с думите: „*които ми разкриха тайната на силите на природата?*“ (цитирано по автобиографията на Лауе в [Л]).

36. След пет години и Клаузиус има тази (неизяснена) идея и пише подобна работа, без да е чел начинаещия австрийски автор. Болцман напомня за себе си, като препечатва 10 страници от предшестващата си статия, за да подчертае своя приоритет. Клаузиус го признава. Максвел се забавлява от тази полемика: в писмо до Тейт той се подиграва, че „тези учени немци“ си оспорват приоритета за една непълноценна работа – виж [С, 3.2].

37. Тоест пространството на положенията и скоростите на N частици; заплетената история как възниква това важно понятие е разказана в [N]. (В нея участват Лиувил, Болцман, Поанкаре,)

38. Американският математик Harold Grad (1923-86; Courant Inst) разглежда тази граница през 1949.

39. Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928), холандски физик, дели Нобелова награда с Pieter Zeeman.

40. Шотландският математичен физик Peter Guthrie Tait (1831-1901) е пионер в теорията на възлите.

41. Samuel Hawksley Burbury (1831–1911) математик-адвокат (barrister), член на Royal Society. Когато с възрастта оглушава, се отдава повече на математика. Той въвежда термина *H-теорема* (1894).

42. British Association for the Advancement of Science (от 1831), известна с *1860 Oxford evolution debate* (http://en.wikipedia.org/wiki/1860_Oxford_evolution_debate).

43. Иван Вазов (1850-1921), *Левски*, ода от *Епопея на забравените* (1881-1884).

44. Gustav Kirchhoff (1824-87) е известен със законите на електричните вериги и на спектроскопията.

45. Svante Arrhenius (1859-1927), шведски физикохимик, Нобелова награда по химия (1903).

46. Franz Joseph I (1830-1916) се възкачва на престола след революцията от 1848 г. и царува 68 години! За разлика от Уилям Томсън (в Англия) Болцман отказва предложената му благородническа титла.

47. Wilhelm Ostwald (1853-1932) основоположник на физикохимията; Нобелова награда (1909).

48. Arnold Sommerfeld (1868-1951), пионер на атомната и квантова физика; номиниран

е рекорден брой пъти (81) за Нобелова награда, ръководил най-много нобелови лауреати в историята.

49. Henri Poincaré (1854-1912), велик математик, един от създателите на теорията на относителността.

50. Niels Bohr (1885-1962), основател на копенхагенската школа, Нобелова награда по физика, 1922.

51. Без да знае за тази теорема, в своето посмъртно произведение *Воля за власт* Friedrich Nietzsche (1844-1900) прави извода, че в един вечен свят всяко събитие трябва да се повтаря безброй пъти.

52. Холандско-американският физик George Uhlenbeck (1900-88) е ученик на Пол Еренфест¹⁹

53. „Задачата за разбиране на физическия смисъл на формулата [за чернотелното излъчване] ... ме доведе до разглеждането на връзката между ентропия и вероятност, тоест до идеите на Болцман; тогава, след няколко седмици от най-напрегнатата работа през живота ми, светлина се появи в тъмнината...”

54. Из последния куплет на *Бетовен на небето*, поема на Болцман от неговите късни години.

55. Franz Brentano (1838-1917) немски философ и психолог, оказал влияние на психоаналитика Sigmund Freud (1856-1939) и на философа-математик Edmund Husserl (1859-1938); преподава в университета във Виена (1874-95); заставен да се откаже от професурата и от австрийско поданство, за да може да се ожени; основно съчинение: *Психологията от емпирична гледна точка* (1874).

56. По повод женитбата на Лудвиг и Елза Айнщайн казал: сега разбираме кой физик най-обича произведенията на Болцман (по спомен на Ханс Тиринг (1888-1976) – виж [BL], с. 200).

Литература

[B77] Bjørn Begrthorsson, Temperature, transitivity, and the zeroth law, Amer. Jour. Phys. **45**:3 (1977) 270-271.

[BI] John Blackmore, *Ludwig Boltzmann, His Later Life and Philosophy 1900-1906*, Book One: A Documentary History, *Boston Studies in the Philosophy of Science* **168**, Kluwer, Dordrecht 1995.

[B] Ludwig Boltzmann, *Theoretical Physics and Philosophical Problems*, Selected Writings, Ed. B. McGuinness, Forward by S.R. De Groot, D. Reidel Publ. Co., Dordrecht-Holland, 1974.

[B884] L. Boltzmann, Über die Eigenschaften monozyclischer und anderer damit verwandter Systeme, *Crelles Journal* **98** (1884) 68-94; *Wissenschaftliche Abhandlungen* (F. Hasenöhl, ed.), Vol. III, Chelsea, New York 1968, paper 73.

[B895] L. Boltzmann, On certain questions in the theory of gases, *Nature* **51** (1895) 413-415; On the minimal theorem in the theory of gases, *Nature* **52** (1895) 225.

[B99] *Ludwig Boltzmann*, ed. J. Blackmore, *Synthese*, Special Issue **119** (1999).

[BL] *Boltzmann's Legacy*, G. Gallavotti, W.L. Reiter, J. Yngvason, Eds., European Mathematical Society, 2008.

[Bos] Rogerio Boscovich, *Theoria philosophiae naturalis*, Venice 1763 (English translation: *A Theory of Natural Philosophy*, Open Court, Chicago 1922; reprinted by: MIT Press, Cambridge, MA 1966).

[Br] Engelbert Broda, *Ludwig Boltzmann, Man-Physicist-Philosopher*, Ox Bow Press, Woodbridge CT 1983 (German original: Wien 1955).

[BMU] H.R. Brown, W. Myrvold, J. Uffink, Boltzmann's H-theorem, its discontents, and the birth of statistical mechanics, *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* **40** (2009) 174–191 (available at Uffink's homepage).

[Brush] S.G. Brush, Gadflies and geniuses in the history of gas theory, *Synthese* **119** (1999) 11–43 (Kluwer Academic Publishers, Netherlands).

[BA] D. Bui, M. Allali, The Bernoulli family: their massive contribution to mathematics and hostility toward each other, *e-Research* **2:2** (2011) 65–75.

[Cai] Wei Cai, *Introduction to Statistical Mechanics* (see 5. Microcanonical ensemble, 6. Thermodynamics, 7. Entropy), Stanford University – Win 2011 (Lecture Notes).

[C] Carlo Cercignani, *Ludwig Boltzmann: The Man Who Trusted Atoms*, Oxford 1998.

[C96] E.G.D. Cohen, Boltzmann and statistical mechanics, *Atti dell' Accademia Nazionale dei Lincei*, 1997; cond-mat/9608054v2.

[C08] E.G.D. Cohen, Entropy, probability and dynamics, [BL] 161; arXiv:0807.1268v2.

[ET] Evangelista Torricelli, *edited by Egidio Festa, Institute and Museum of History of Science*, Florence, ITALY (see, in particular, 2, With Galileo in Arcetri).

[F] E. Fermi, *Thermodynamics*, Prentice-Hall, New York 1937 (русски превод *Термодинамика*, Изд. Харьковского Университета, 1973).

[Fey] R.P. Feynman, R.B. Leighton, M. Sands, *The Feynman Lectures in Physics*, **1** Addison-Wesley Publ., Reading, MA 1963 (русски превод: **4**, „Мир“, Москва 1965).

[F97] D. Flamm, Ludwig Boltzmann — a pioneer of modern physics, physics/9710007.

[F98] D. Flamm, History and outlook of statistical physics, physics/9803005.

[Ф] В.Я. Френкель, *Паул Эренфест*, Москва, Атомиздат 1971.

[G] G. Gallavotti, Entropy, nonequilibrium, chaos and infinitesimals, [BL] 39–60; cond-mat/0606477.

[Л] Макс Лауэ, Мой творческий путь в физике, в: М. Лауэ, *История физики*, ГИТТЛ, Москва 1956, с. 176.

[L] J.L. Lebowitz, From time-symmetric microscopic dynamics to time-asymmetric macroscopic behavior: an overview, [BL] 101–125; arXiv:0709.0724 [cond-mat].

[L93] J.L. Lebowitz, Boltzmann's entropy and time's arrow, *Phys. Today* **46** (1993) 32.

[LY] E.H. Lieb, J. Yngvason, A guide to entropy and the second law of thermodynamics, *Notices of the AMS* **45:5** (1998) 571–581; The physics and mathematics of the Second Law of Thermodynamics, *Physics Reports* **310** (1999) 1–96, Erratum **314** (1999) 669, cond-mat/9708200; The entropy concept for non-equilibrium states, 1305.3912 [math-ph].

[M872] J.C. Maxwell, *Theory of Heat*, Longmans, Green, London 1872.

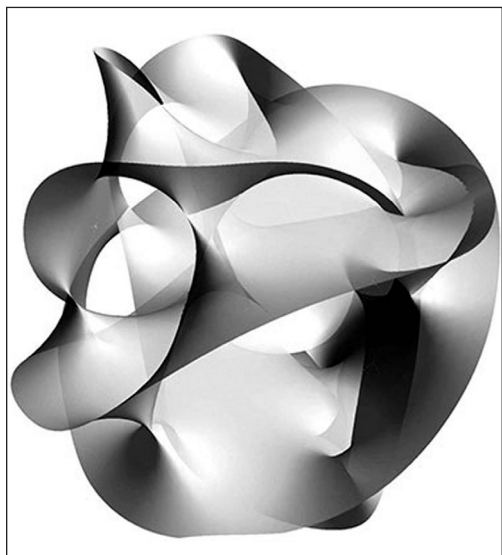
[М] Р. Музил, *Човекът без качества*, книга първа и втора, Атлантис, София 2009.

- [N] David D. Nolte, The tangled story of phase space, *Physics Today* **63**:4 (2010) 33-38.
- [P] H. Poincaré, Le mécanisme et l'expérience, *Revue de Metaphysique et de Morale*, **4** (1893) 534. (English transl. in: S.G. Brush, *Kinetic Theory*, Oxford 1966, vol. **2**, p.188.)
- [PR] Pietro Redondi, *Galileo Heretic*, Princeton Univ. Press, Princeton, N.J. 1989.
- [R] Wolfgang L. Reiter, Ludwig Boltzmann – the Restless Prophet, [BL] 242-260.
- [S] C.P. Snow, *The Two Cultures and a Second Look*, Cambridge Univ. Press, Cambridge 1964.
- [SEP] Jos Uffink, Boltzmann's work in statistical physics, *Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2008 edition) E.N. Zalta (ed.).
- [U] J. Uffink, Bluff your way in the second law of thermodynamics, *Stud. Hist. Philos. Mod. Phys.* **32**:3 (2001) 305-394.
- [U07] J. Uffink, Compendium to the foundations of classical statistical physics, in: *Handbook for the Philosophy of Physics*, J. Butterfields, J. Earman, eds., North-Holland, Amsterdam 2007, pp. 924-1074 (2006 pdf file available at Jos Uffink's home page).
- [V] Cédric Villani, H-theorem and beyond: Boltzmann's entropy in today's mathematics, [BL] 129-43, available at: math.univ-lyon1.fr/~villani/Exposes/boltzmann-munich.pdf; --. *Théorème vivant*, Bernard Grasset, Paris 2012

**ПОСЕТЕТЕ УЕБ-СТРАНИЦАТА НА
СЪЮЗА НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ
НА АДРЕС:
<http://www.phys.uni-sofia.bg/upb>**

„ЗАПОЧВАМЕ ДА ПРЕСМЯТАМЕ – ДА СЕ САЩИСАШ”

Брайън Грийн



През септември 2013 г. по покана на Политехническият музей в Москва пристигна Брайън Грийн. Знаменитият физик, специалист по теорията на струните и професор в Колумбийския университет, е известен на широката публика главно като научен популяризатор и като автор на книгата „Еlegantната вселена”¹. В Москва Грийн представи мултимедиен спектакъл, създаден по мотиви на неговата нова (този път детска) книжка „Икар в края на времето”. „Лента.ру” проведе с Брайън Грийн кратко интервю за теорията на струните и за неотдашните трудности, с които се сблъска тази теория, а също за квантовата гравитация, за амплитудъра и за социалния контрол.

„Лента.ру”: Брайън, разкажете накратко как изобщо хората стигат до теорията на струните.

Брайън Грийн: Историята на струнната теория се различава от обичайната история на другите теории.

На първо място тя няма само един първооткривател. През 60-те години на миналия век младият физик теоретик Габриеле Венециано започва да изучава взаимодействието на протоните; сега това се нарича силно взаимодействие. Оказало се, че взаимодействието се описва от определена математическа функция (защо тъкмо от такава функция – Венециано не знаел). Когато обаче с формулата се запознават други физици – Леонард Зюскинд, Хогар Нилсен и други, те забелязват, че уравнението, получено от Венециано, в действителност описва трептяща в някакво пространство струна. Оттук възниква идеята, че за да опишем как частиците си взаимодействат, можем да си представим, че те са свързани от своеобразни струни.

По-късно учените откриват, че струнните уравнения доста зле се съгласуват с новите експериментални данни. А от друга страна подходът, основан върху квантовата хромодинамика, давал по-точно съответствие, поради което се отказват от идеята за струните. Във физиката, ако се откажат от дадена идея, то обикновено се отказват завинаги. Тук обаче става нещо удивително: оказва се, че ако се използва

идеята за струните в друг контекст – не за описване на взаимодействието на частици, както е при Венециано, а за описване на гравитационното взаимодействие, тогава тази идея на пръв поглед прекрасно се справя със задачата. Нещо повече, оказва се, че „струнният“ подход позволява да се обединят квантовата механика и гравитацията в единна схема. Тоест този подход като че ли претендира за титлата „теория на всичко“.

Това става около 1974 г. Още 10 години изтичат, преди да бъде построен непротиворечив математически апарат на тази теория, т.е. щото уравненията, грубо казано, да не си противоречат взаимно и в определен смисъл да не се самоунищожават. Това се удава на Майкъл Грийн и Джон Шуорц. Именно затова 1984 година може да се приеме като година, в която теорията на струните се появява на „картата“ на физиката.

В Стандартния модел – теорията, която описва взаимодействията на елементарните частици, – има параметри, които не е възможно да бъдат теоретично изчислени. Такава например е масата на Хигс бозона. Именно за да бъдат определени тези параметри, се налага да бъдат строени ускорители, лаборатории и т.н. А в теорията на струните съществуват ли параметри от този вид?

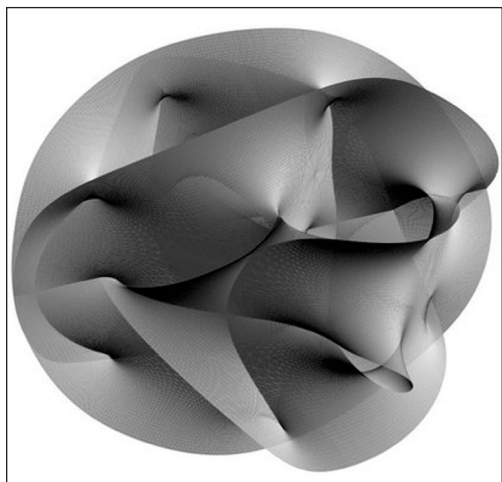
Удивителното свойство на теорията на струните е в това, че тя не съдържа свободни параметри. С други думи, всички числа се извеждат от теорията. Това може да ни наведе на мисълта, че теорията на струните притежава, така да се каже, най-големия предсказвателен потенциал в цялата история на физиката.

Но това съвсем не е така. Теорията на струните изисква да бъдат правени допълнителни измервания, които трябва да бъдат проектирани по твърде остроумен начин. Например струните са компактифицирани, т.е. те по особен начин са нагънати до твърде малки размери. Първоначално се е смятало, че построяването на тези измервания по някакъв начин ще произтича от формулите, с които разполагаме. Но засега ние не успяваме да изведем тези свойства. Нещо повече, съществува определена увереност, че няма и да успеем. Тоест свободните в определен смисъл параметри на Стандартния модел се превъплъщават в свободен избор на геометрията на допълнителните размерности. Именно тази свобода на избора може да се окаже фундаментално свойство на теорията на струните.



Брайън Грийн.

Физик, специалист по теорията на струните. Известен с работите си по огледална симетрия, свързани с топологията на съответните многообразия на Калаби Яу. Широко известен като автор на научно-популярни книги. Книгата му „Еlegantната вселена“ беше номинирана за наградата Пулицър



Двумерна проекция на тримерното многообразие на Калаби-Яу. Тази проекция дава представа за това колко сложно е устройството на допълнителните измерения

Какво стана по-нататък?

Почти от самото начало учените приемаха сериозно само една от версиите на теорията на струните, а именно суперсиметричната версия (*т.е. теорията на суперструните; б.р.*). Тя включваше не само идеите, съдържащи се в оригиналните работи от 1960-1970 години, но заедно с това позволяваше да се описват частиците на материята. Това, разбира се, усложни уравненията, но позволи да се създаде теория, която не само обединяваше гравитацията и квантовата механика, но също прибави към това обединение и материята. А всяка разумна теория непременно трябва да включва в себе си и материята.

Разпространено е мнението, че е невъзможно теорията на струните да бъде

експериментално проверена. Например, че е невъзможно да бъде определен видът на допълнителните размерности. Доколко вярно е такова твърдение?²

Отговорът на първата част от въпроса ви е много прост: експерименталната проверка на теорията на струните е възможна. Просто ние засега не притежаваме достатъчно мощни ускорители. Защото ако сблъскаме частици с достатъчно висока енергия (за да бъдем по-точни, с Планкова енергия, т.е. енергия от порядъка на 10^{19} GeV), то картината на разсейването ще се различава от онази, която се предсказва от съществуващите методи. Така че тук няма нищо, заради което да е невъзможно теорията да бъде проверена. Теоретично е възможно, само че е твърде сложно.

Тук вероятно би могла да помогне астрофизиката. Във физиката на елементарните частици тя понякога помага.

Разбира се, че може. Например преди известно време с няколко колеги написахме статия, в която при определени предположения (такива предположения са необходими, за да може да се изчислят някои неща, тъй като, както вече споменах, някои детайли от теорията не са ни известни) се оказа, че в реликтовото лъчение трябва да съществува своеобразен „отпечатък“. Но не го намериха. Аз даже бих се радвал да кажа, че теорията на струните не е вярна, обаче липсата на предсказаната от нас картина може само да означава, че нашите технически предпоставки са неверни. И това отново ни връща до извода, че от гледна точка на математиката ние засега не разбираме напълно теорията и не притежаваме материалната база за проверка на теорията без никакви допълнителни предположения.

Често се случва, че различни учени под теория на струните могат да разбират различни неща. Вярно ли е, че зад тази табела могат да се крият няколко теории?

Прекрасно разбирам какво имате предвид, но аз самият не бих се изразил така. Аз бих формулирал това по друг начин: теорията на струните е единен теоретичен инструмент, който позволява да се формулират модели на това как Вселената може по принцип да функционира. При това ние не разполагаме с някакъв критерий за отбор на модела, който да се отнася до нашата конкретна Вселена.

Съществува възглед, че така е станало, защото всеки един от тези модели в известен смисъл е реален – просто той описва някаква друга вселена, някъде там далеч. Ето такава е радикалната интерпретация на нашите несполуки.



*Кадър от сериала „Теория на Големия взрив”.
Шелдън Купър, един от главните герои на сериала,
е специалист по теория на струните*

По отношение на теорията на струните неизменно се споменава теорията на Янг – Милс. Разкажете какво представлява тя.

През 50-те години на миналия век учените откриха (тогава без идеи от теория на струните), че уравненията за описването на силното и слабото взаимодействие в квантовата механика могат да се запишат в специфична симетрична форма. Симетриите, за които става дума, напомнят симетрията на снежинката – ако я завъртим на определен ъгъл, тя преминава сама в себе си. По същия начин и тези уравнения при определено „завъртане” се оказват пак същите.

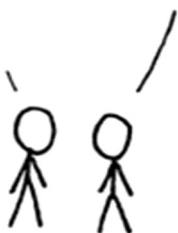
Този подход се оказва много удобен и физиците успяха да изчислят много неща с негова помощ. Самите Янг, Милс и техните последователи съумяват да заложат единна (и твърде изящна от математическа гледна точка) основа за Стандартния модел. Тази теория се споменава в контекста на теорията на струните, защото тя по много естествен начин възниква от уравненията на последната. Тоест, ако историята на теоретичната физика беше се развила малко по-различно (напълно възможно е така именно да е станало някъде на друга планета или в друга вселена), то теорията на Янг Милс би била обикновено следствие от теорията на струните.

Тоест този факт би могъл да се разглежда като теоретично (а не експериментално) потвърждение на теорията на струните?

Накратко за теорията на струните:

Имам една потресаваща идея.
Да допуснем, че цялата материя
и енергия се състоят от малки
трептящи „струни“.

Добре. И какво
следва от това?



В известен смисъл да. Играта с теорията на струните може да продължи доста дълго: от теорията на струните по естествен начин произтича теорията на Янг-Милс, както и различни видове дискретни симетрии, играещи важна роля в квантовата механика. Теорията на струните позволява също така да се обясни защо елементарните частици се групират в семейства – например фермиони и бозони. Така че много от нещата, които се е налагало да се прибавят в уравненията „на ръка“ въз основа на експериментални съображения, в теорията на струните възникват от само себе си. Това, разбира се, не е доказателство за истинността на теорията, но

от математическа гледна точка означава, че теорията включва в себе си всичко, което до този момент сме знаели.

Квантовата механика има множество интерпретации – копенхагенска, на многото светове, теорията на квантовата информация и други. Те имат общ математически апарат, обаче се различават кардинално при описанието на онова, което представлява физическата реалност. Съществуват ли подобни интерпретации в теорията на струните?

На първо място (а това, разбира се, е тема за съвсем различен и голям разговор, който изобщо не е свързан с темата на днешната ни беседа) аз не бих се съгласил с първата част на вашето твърдение. Различните интерпретации на квантовата механика се отличават не само на равнището на интерпретацията, но и на равнището на механиката, която те използват.

По-точно казано, когато внимателно определяте квантовата механика в рамките на една или друга интерпретация, вие ще установите, че тези интерпретации или не са коректно дефинирани, или водят до различни теории. Те могат да се различават както по своите предсказания, така и в онтологичен смисъл – тоест те се отдалечават една от друга в схващането за това кое е реално и кое не е. Например копенхагенската интерпретация не е пълна – тя не ни казва какво става по времето на така наречения колапс на вълновата функция, предизвикан от наблюдението. Интерпретацията на многото светове и теорията на Дьо Брой – БДМ дават различни уравнения за описанието на квантовия свят.

Доколкото теорията на струните използва квантовата механика, то, от една страна, последната с нищо не се променя. От друга страна, ако в квантовата механика има някакви въпроси, които трябва да се интерпретират, същите въпроси ги има и в теорията на струните. Всичките тези неща с многото светове и тем подобни тук

присъстват с пълна сила. А самата теория не привнася никакви допълнителни фактори, които изискват интерпретация. Така че имаме работа с квантовомеханични въпроси и само с тях.

От друга страна, в теорията на струните съществува ефект, наречен дуалност³. Той, ако щете, може да се смята за братовчед на проблема за интерпретацията. Работата е там, че в теорията една и съща физическа ситуация допуска няколко математически описания (или математически интерпретации). В известен смисъл това е противоположна история.

Главната отличителна черта на дуалността е в това, че тя не е повод за спорове или философски диспути за това как и какво трябва да се разбира, а представлява мощен работен инструмент.

Теория на всичко: хипотетична обединена физико-математическа теория, описваща всички известни фундаментални взаимодействия (силно, слабо, електромагнитно и гравитационно). Първите три взаимодействия в днешно време се описват от квантовата механика, а последното – от теорията на относителността.

Например?

Ще обясня с пример от личния си опит. Преди известно време аз тъкмо се занимавах с огледалната симетрия. Работата е в това, че, както беше казано по-горе, допълнителните размерности в теорията на струните са компактифицирани, т.е. свити са по особен начин, така че на пръв поглед нашият свят изглежда четиримерен. Оказва се, че възможните форми на допълнителните размерности, т.е. начинът, по който те са нагънати, съществуват на двойки. Във всяка двойка елементите могат да се различават по геометрията и по топологията си, но въпреки това те водят до една и съща физическа теория.

Тъй като физиката е една и съща, то един и същ експеримент, да речем, по разсейване на частици, дава наведнъж информация за строежа на два обекта. Благодарение на огледалната симетрия физиците успяват да се сдобият с информация относно математиката, която стои зад тези обекти.

И ето, вижте, нека приемем, че нашата теория описва именно нашата Вселена. Ние искаме да предскажем резултатите от експериментите по разсейване на частици. Започваме да пресмятаме – сачисваме се, не става, прекалено сложна е математиката. Но тук си спомняме за огледалната симетрия и си казваме: „Стоп! Та ние можем да заменим едно пространство с друго – физиката, както е известно, ще бъде пак същата“. Така и постъпваме и се оказва, че в огледално симетрична ситуация същият експеримент се описва много по-просто и вече можем всичко да изчислим.

И това е пример, когато тази схема работи?

Естествено! И примерите от този род са цяло множество. Друг въпрос е, че засега ние не знаем точно на кои параметри съответства именно нашата Вселена. Ето в какво е проблемът.

А какъв е строежът на тези геометрии, които в резултат дават две пространства?

Началното и огледалното пространство са свързани чрез подходящ орбифолд – грубо казано, фактор на многообразието по дискретната група на изометриите. А самата симетрия – тя, разбира се, е просто действието Z_2 . Никакви континуални симетрии, само дискретни.

Разказвате много интересни неща за математиката. На пръв поглед математическите твърдения могат да се получават само с помощта на самата математика. А вие казвате, че някои неща могат да се узнаят с помощта на експеримента...

Е, това се отнася не само за теорията на струните, а за цялата физика на елементарните частици.

Тоест направо така: строгите математически твърдения могат да се получават експериментално?

Не разбирам какво ви смущава. Вземете Айнщайновата теория на относителността, тя е математическа теория. Ако наблюдаваме движенията на космически обекти, можем да узнаем доста много неща относно геодезичните свойства на самата метрика, която фигурира в Айнщайновите уравнения⁴. Това са строги математически факти. Същото е и в теорията на елементарните частици.

Прав сте. А бихте ли дали примери за това какви факти можем по същия начин да узнаем за компактифицираните пространства?

Добре. Има един важен геометричен въпрос, отнасящ се до компактифицираните пространства: по колко начина в тези пространства могат да се вложат сфери. Става дума за влагане по холоморфен начин; но това са подробности, в дадения случай те нямат значение. До намесата на физиците математиците са можели да отговорят на този въпрос само в случая, когато броят на завъртанията, т.е. колко пъти такава сфера е намотана сама около себе си, е достатъчно малък. Един, два или три пъти. За по-големите числа нищо не е било известно.

В теорията на струните се оказва, че тези числа са свързани с амплитудите на разсейване. Което значи, че за тяхното преброяване е достатъчно да се направи опит, после да се направи Фурие-трансформация и тогава първите точно изчислени коефициенти в получения ред дават тъкмо онова, което ни е нужно. Трябват ни повече коефициенти? Просто правим допълнителни експерименти и това е всичко.

Отначало математиците не повярваха. И не е чудно: как така ние се мъчехме и нищо не получавахме, а тук някакъв си експеримент и готово? Но след това, вглеждайки се достатъчно дълго в тези числа, те се вдъхновиха и измислиха как да решат задачата вече за произволен брой завъртания.

Теорията на струните не е единствената, която претендира за титлата „теория на всичко“. Кажете нещо за нейните главни конкуренти.

Може би най-развита е примковата квантова гравитация. За да разберем основната идея, трябва да направим крачка назад. Трябва да посочим, че първоначално физиците се опитват да приложат към уравненията на теорията на относителността стандартния подход на квантовата механика, т.е. да ги проквантува така, както се прави например с електромагнитното взаимодействие. От това обаче нищо не се получи.

Ако се обърнем към теорията на струните, то „квантуваната” (в определен смисъл) гравитация там изниква сама по себе си. Тя се оказва следствие от фундаменталните свойства на самата теория, не ни се налага по силов начин да обединяваме теорията на относителността и квантовата механика.

Та примковата гравитация се занимава именно с това, т.е. опитва се да слепи ТО и квантовата механика. За тази цел уравненията на Айнщайн се пренаписват в съвсем друга форма (но еквивалентна на изходната, а това е важно) и в свършено различни променливи. При това се оказва, че в такава форма уравненията вече се поддават на квантуване, макар то да не е съвсем класическо. Получените при това квантови променливи могат да се разбират като примки – оттук и тяхното название. Доколкото тези примки са свързани с нашите струни и въобще свързани ли са (все пак звучи подобно), ние засега не знаем.

Примковата гравитация, разбира се, е по-малко екзотична от теорията на струните. В нея не се изискват допълнителни размерности, не е нужна суперсиметрия. Тоест могат да бъдат прибавени, но сами по себе си те не възникват.

Тук обаче възниква един тънък момент; убеден съм, че специалистите по примкова гравитация няма да се съгласят с мен. Вижте за какво става дума: стандартната Нютонова механика се получава като граничен преход от квантовата при пускане на определен параметър да клони към нула. По традиция се смята, че квантуването е обратен процес, т.е. построяване на теория, която зависи от някакъв параметър и която при клонене на този параметър към нула ни води до предквантовата теория. Така че в действителност не е съвсем ясно дали от примковата квантова гравитация при преход към някаква граница се получават обичайната квантова механика и теорията на относителността. Специалистите по тази теория смятат, че се получават и затова тук няма никакъв проблем. Възможно е те да са прави, а не аз – все пак аз не познавам колкото тях всички тънкости на теорията. Но, гледайки от разстояние, на мен ми се струва, че там повечето неща не са твърде коректни.

А дали има такива предсказания на примковата гравитация, които да се различават от предсказанията на струнната теория? Желателно е тези предсказания да могат също така да се поддават на проверка.

Струва ми се, че ако пред вас седеше специалист по примкова квантова гравитация, отговорът би бил различен. Аз в никакъв случай не твърдя, че някой е нечестен, а просто става дума за това, че хората имат различни разбирания за това какво да се смята за предсказание и какво да се смята за фалшифицируемост на една конкретна теория. Все пак смея да твърдя, че никой от тези специалисти не прави твърдения на такова равнище: ако не е изпълнено определено X , то цялата теория е невярна. Никога

не съм чувал от тях такова твърдение и мисля, че те не биха могли да го направят. Истина е обаче, че ние също не можем да заявим подобно нещо на даденото равнище на технологията; в този смисъл ние с тях сме при равни условия.

Има ли още някакви теории?

През изтеклите години те се навъдиха доста много (да речем, причинната динамична триангулация), но нито една от тях не е доведена до равнището на теорията на струните или на теорията на примковата гравитация. В частност, разбира се, по въпросите на вътрешната непротиворечивост на последните е извършена огромна работа, която значително изпреварва останалите конкуренти.

Разбира се, теориите по отделен начин са проверявани при екстремни теоретически експерименти – например доколко добре тази или онази теория описва физиката в околността, да речем, на свръхмасивни черни дупки. А това е много полезна работа – да се огледа теорията при екстремни условия. Даже ако не можем да получим по експериментален път нужните условия, такъв подход може да се окаже твърде плодотворен. Например неотдавна в такъв теоретичен експеримент бяха получени доста интересни резултати.

Тук отново трябва да направим кратко отстъпление в миналото. През 70-те години на миналия век Стивън Хокинг се заинтересува от следния въпрос: Какво става с материята, когато тя пада в черна дупка? Учените преди него биха казали, че всичко е ясно – материята пада, пропада, тя е в черна дупка, край. Обаче Хокинг установява, че черните дупки могат да излъчват. Това означава, че като минимум част от материята, попаднала в черната дупка, се оказва навън във вид на излъчване. Хокинг направи откритието си, като добави към теорията на относителността малко квантова механика. Той не обедини напълно тези теории, но ги обедини в достатъчна степен, за да направи конкретни космологични предсказания, които биха позволили да бъдат обяснени някои

неща в самата космология.

Така или иначе, възниква един въпрос. Квантовата механика изисква информацията да се запазва. Това означава, че излъчването на дупката трябва да носи информация за това, което е попаднало в нея. Обаче изчисленията на Хокинг показаха, че излъчването на дупката има топлинен спектър. Това означава, че дупката излъчва като абсолютно черно тяло с определена температура и в

През 1997 г. Хокинг, който вече си сътрудничи с Кип Торн, прави облог (за пълното издание на Британска енциклопедия) с Джон Прескил, професор в Калифорнийския технологичен институт и директор на Института по квантова информация. Прескил твърди, че информацията не изчезва в черната дупка, а просто ние не можем да дешифрираме онова, което дупката излъчва. През август 2004 г. на Международната конференция по обща теория на относителността и космология в Дъблин Хокинг признава, че Прескил е прав и предлага възможен механизъм за излъчване на информация (който обаче научната общност не възприема напълно). Ключова роля в този механизъм играе дуалността AdS/CFT.

частност това излъчване не носи никаква информация относно това, което е попаднало в самата дупка. Възниква проблем на изчезващата в черната дупка информация, който самият Хокинг не смята за проблем, а просто разглежда като природен закон. Един вид природата така е устроена, че животът и информацията могат да бъдат унищожени.

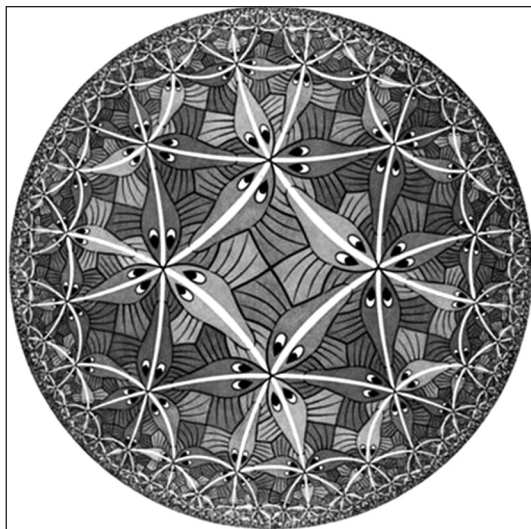
А после идва теорията на струните. През 90-те години на миналия век е открито т.нар. AdS/CFT съответствие – един важен теоретичен резултат, от който следва, че информацията вътре в черната дупка не се губи. И едва съвсем неотдавна, през лятото на 2012 г. физиците започнаха да се ориентират в тънкостите на това какво става с информацията в черната дупка, как тя се „изкубва” навън, те откриват, че три факта относно черните дупки, смятани доскоро за верни, в действителност взаимно си противоречат. Става дума за представата за хоризонт на събитията на черната дупка като гладка област от пространството, в чиято околност, изобщо казано, нищо не се случва; за представата, че квантовата механика е унитарна (т.е. в частност изисква запазване на информацията), а също за това, че при достатъчно ниски енергии на достатъчно голямо разстояние от самата дупка са приложими методите на квантовата теория на полето. Но засега никой не знае как може да се реши това противоречие.

Между другото, това кара много от учените да се съмняват в самата теория на струните. Например същият Леонард Зюскинд, когото споменах по-горе, във връзка с този парадокс предложи хипотезата, че вероятно теорията на струните в нейното съвременно тълкуване не квантува напълно гравитацията. А ние вярвахме в това в продължение на десетилетия. И това е чудесно, на нас именно това ни е нужно – нека това да не са реалните експерименти, нека са теоретични експерименти, но те принуждават учените да преосмислят теорията.

Разкажете, ако обичате, малко по-подробно за AdS/CFT съответствието.

За първооткривател на това съответствие се смята Хуан Мартин Малдасена, аржентински физик. Детайлите на теорията бяха развити в работите на физиците от Принстън – Александър Поляков, Стивън Губсер, Едуард Уитън, Игор Клебанов.

А полученият основен резултат се формулира така: теорията на струните в подходяща геометрия (ако щете, в подходяща вселена) е абсолютно идентична на



*Мауриц Корнелиус Ешер
„Границата на кръга III”*

На картината на Ешер е изобразена хиперболична равнина. По подобен начин е устроено пространството AdS (пространството на анти-де Ситер) в дуалността AdS/CFT

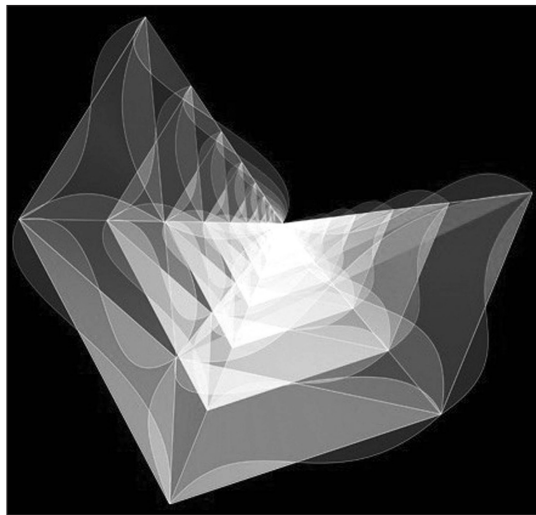
квантовата теория на полето, а по-точно на неин конкретен тип, известен като $N = 4$ суперсиметрична квантова теория на полето (наричат я още $N = 4$ суперсиметрична теория на Янг-Милс) върху съвършено различно от гледна точка на геометрията пространство. Това по някакъв начин напомня огледалната симетрия, за която говорихме по-рано, само че това съответствие е по-кардинално. Работата е там, че на пръв поглед между тези теории няма изобщо нищо общо, нищо, което даже по далечен начин да ги свързва.

Но работата даже не е в това, че две дотолкова различни теории се оказват една и съща. Поразително е, че суперсиметричната част на дуалността, т.е. $N = 4$ суперсиметричната теория на Янг-Милс, е квантова теория, в която гравитацията никак не се проявява. Нейя просто я няма в уравненията. А щом няма гравитация, това означава, че няма и проблеми с унитарността – защото те възникват само при наличието на гравитация. Оттук например може уверено да се направи изводът, че всяка квантова теория на гравитацията трябва да бъде унитарна.

Даже бих казал нещо повече: в онази половина на дуалността, която е с гравитация, може да се впише черна дупка. Но при преход към суперсиметричната част на дуалността черната дупка просто се превръща в нагрято струпване на частици. Такъв обект, разбира се, е унитарен. Следователно и черните дупки в теорията на струните трябва да са унитарни и никаква информация няма къде да се дение.

Освен в подобни теоретични конструкции, тази дуалност използва ли се още някъде другаде?

Да, разбира се. Оказва се например, че ако ни е нужно да работим с кварк-глюонна плазма (с това, в частност, се занимават физиците, работещи с Релятивисткия колайдер на тежки йони в Ню Йорк), стандартните методи на теорията на полето много не помагат – математиката се оказва твърде сложна.



Амплитудеърът през очите на художник

Обаче ако приложим дуалността AdS/CFT, то същият проблем може да се преформулира вече в термините на теорията на струните – сега ние като че ли се движим в обратна на предишния пример посока. А в теорията на струните математиката, колкото и странно да изглежда, се оказва по-проста. Тоест тази дуалност помага с помощта на теорията на струните да се узнаят някои неща относно частиците.

Тук наистина трябва да се направи следната бележка. $N = 4$ суперсиметричната теория на Янг-Милс, разбира се, не е онази същата теория, обединяваща квантовата механика и гравитацията. Но тя в известен смисъл е близка до действителността – тази близост се обяснява

с високите температури. Именно тази близост позволява да се получат резултатите, които остават верни и в действителност.

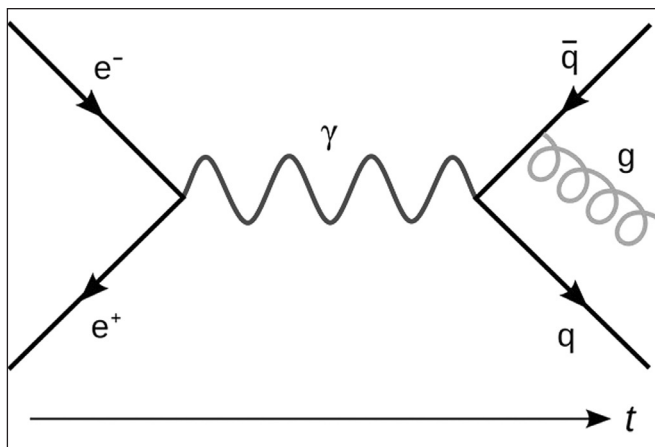
Неотдавна четох за едно интересно приложение на $N = 4$ суперсиметричната теория. В бележка в Quanta Magazine се твърдеше, че физиците са успели да открият свързан с нея забележителен обект...

О, вие говорите за амплитудъра!

Да, за него.

Това е много интересен и важен резултат. Може така да се случи, че традиционните методи на пресмятане в квантовата теория на полето, развити още от самия Ричард Файнман, не са оптимални. По-точно казано, даже съвсем не са оптимални – изчисленията могат да се правят по-лесно и по-бързо. В частност това може да обясни защо тези изчисления са така сложни – рядко някога се удава нещо да се изчисли с точност, по-висока от втори-трети порядък.

Авторите на работата по амплитудъра по същество се опитват да редуцират изчисленията до пресмятането на обема на определена много сложна и красива многомерна фигура. Как можем да изчислим обема на такава фигура? Трябва да я потопим в подходяща многомерна вода и да отчетем какъв обем тя ще изтласка. Но ако аз разбия тази фигура на милион парчета, то да се измери същият обем е милион пъти по-сложно – трябва да се измери обемът на всяко парче и да ги съберем.



Диаграма на Файнман

В заключение не мога да не ви попитам за вашата книга и за мултимедийния спектакъл „Икар в края на времето“.

Моята книжка, въз основа на която е поставен спектакъл, е за деца и по-малко за родители. Тя се различава твърде много от нещата, които съм правил по-рано. Това е едно преосмисляне на древногръцкия мит за Икар – момчето, което въпреки предупрежденията на баща си се доближава твърде много до Слънцето. Неговите крила, както си спомняме, били направени от пера и восък и затова се разтопили (както говорел бащата). Икар паднал на земята и загинал. В моята книга момчето няма крила от восък – той лети с космически кораб. И лети не към Слънцето, а към черна дупка. Той не загива, но поради ефекта на забавяне на времето след завръщането си разбира, че от



Сцена от спектакъла „Икар в края на земята“

момента на старта са изминали 10 хиляди години.

А ето какво ме подтикна да напиша тази книжка. Самият мит за Икар никога не ми е харесвал. Какво всъщност ни казва този мит? Прави това, което ти казват по-възрастните, защото иначе ще загинеш.

Е, много са детските книги, които ни казват това. Ето например в „Чарли и шоколадената фабрика“ се казва, че не просто ще умреш, но при

това смъртта ти ще бъде доста неприятна.

Трябва да стане ясно, че целият този социален контрол, цялото послание на тази легенда са точно обратните на онова, което трябва да прави истинският учен. Именно той трябва да върви против всички, без да слуша какво му говорят. Тъкмо това е пътят към промените, а той често е твърде болезнен. И точно това става в книжката. Момчето не загива, но се оказва в съвършено различна реалност, а това също е твърде болезнено.

Исках да напиша книжка, в която двигател на историята да е науката. В някакъв смисъл да се върна към корените на научната фантастика – към онова време, когато тя все още е била научна.

След излизането на книгата ние я превърнахме в неголямо шоу. Американският композитор Филип Глас написа музиката към него. Стана неголям филм. Всичко това ще бъде показано.⁵

Бележки

¹ Българският читател има привилегията да познава още две книги на Бр.Грийн, а именно „Тъканта на космоса“ и „Скритата реалност“. (Бел. прев.)

² По този повод вж. **Четиво с продължение** в *Светът на физиката*, том **33**, № **1-4** от 2010 г. (Бел. прев.).

³ Вж. статията на Е. Уитън в *Светът на физиката*, том **24**, № **2** (2001). (Бел. прев.)

⁴ В гравитационното поле на едно масивно тяло обектите с малка маса се движат по геодезични – кривите, представляващи решения на подходяща система от диференциални уравнения. (Бел. „Лента.ру“)

⁵ Беседа на „Лента.ру: Наука и техника“, водена от Андрей Коняев на 2 окт. 2013. (Бел. прев.)

Превод от руски: **М.Бушев**

ОБРАЗЦОВО НАГЛЕДНА ФИЗИКА

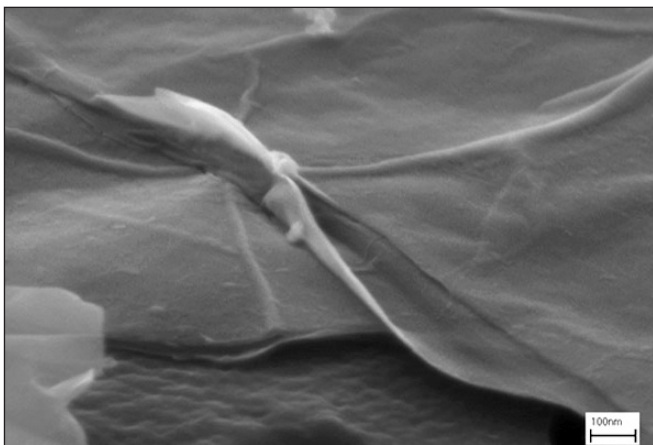
(Интервю с лауреата на премията „Спиноза” Михаил Кацнелсон)

През юни 2013 г. стана известно, че престижната премия за наука на името на Спиноза^[1] е присъдена на родения в Русия Михаил Кацнелсон „за прилагането на идеи от физиката на елементарните частици в изучаването на графена”. В интервюто, взето от Андрей Коняев („Лента Ру”), М.Кацнелсон разказва кои са тези идеи и как те са използвани.

Андрей Коняев: Тази година Вие получихте премията „Спиноза” за работите си по графена. Разкажете по-подробно за тях.

Михаил Кацнелсон: Преди всичко трябва да кажа, че преди да се заема с тази тематика, аз бях твърде далеч от графена. Казано по-точно, занимавах се с магнетизъм, физика на силно корелираните системи (разните там видове свръхпроводимост). Никакви нанотръби, никакъв квантов ефект на Хол и подобни раздели, характерни за специалиста по графени. Обаче през 2004 г. тук в Ниймеген, Холандия, се срещнах с Андрей Гейм и Костя Новоселов^[2]. Тогава Костя беше аспирант и тъкмо защитаваше дисертацията си, а Андрей беше негов втори ръководител. Искаше ми се да поговоря с него относно дисертацията на Костя, тя беше по магнетизъм – тематика, която в момента ми беше близка. Андрей почти веднага ми каза, че те повече с тази тематика не се занимават, след което започна да ми задава въпроси, свързани с графена: за Дираковите електрони в магнитно поле. Постепенно, дума след дума, аз се оказах въввлечен в тази дейност.

На първо време аз, трябва да призная, не се отнасях твърде сериозно към всичките тези неща. А след това стана така, че вече от осем години се занимавам с тези въпроси – сега графеновата тематика съставя 70 процента от цялата ми работа. Вероятно фактът, че идвах от друга област, ми беше позволил да подхождам към много от въпросите малко по-различно от хората, които са вътре в тази област. По това време беше известно, че носители на тока в графена са (по приетата терминология) безмасови дираковски фермиони^[3]. Казано по-просто, те наподобяват частици, чиито скорости са близки до скоростта на светлината. Това значи, че тези фермиони се описват от уравнения, които приличат на



Графен

уравненията на такива релятивистки частици в ускорителите, но с тази само разлика, че вече ролята на светлинната скорост играе величина, която е 300 пъти по-малка. Можем да си мислим, че става дума за модел на Вселената, в който универсалните константи са различни, но законите на физиката, изобщо казано, са същите.

Оказа се, че подобен подход откъм релятивистката квантова механика (теорията на квантовите обекти, които се подчиняват освен това и на теорията на относителността) е твърде плодотворен. Предполагам, че нашата най-известна работа по теорията на графена е тази относно нареченото от нас Клайново тунелиране и, както разбирам, тя е особено отбелязана в присъждането на премията.

Става дума за следното. В квантовата механика съществува явлението тунелиране. То е твърде важно, доколкото определя множество полезни явления: някои типове ядрено разпадане, радиоактивността, ефекти в полупроводниковата електроника. Същността на явлението е следната: квантовите частици, за разлика от класическите, могат с някаква вероятност да преминават през потенциални бариери. Това значи, че ако поставите стена, частицата може да премине през нея. Тук има ето каква тънкость: смята се, че квантовата механика работи за всичко, което е малко, а класическата – за всичко голямо, поради което, когато бариерът стане висок и широк, квантовата механика трябва да съвпада с класическата. Това означава, че няма да има никакво тунелиране. Но ето че за ултрарелативистките частици, по най-различни дълбоки и интересни причини, ситуацията е различна: те преминават през бариера независимо от това колко висок и широк е той. Това е едно твърде общо и интересно свойство, което ние нарекохме Клайново тунелиране, тъй като то по един далечен начин е свързано с т.нар. парадокс на Клайн в квантовата механика (засега няма да пояснявам какво е това)^[4]. С течение на времето се оказа, че това е твърде важно нещо. След три години този ефект беше експериментално потвърден. Аз, разбира се, бях неописуемо щастлив: за теоретика е върховна радост правилно да предскаже нещо. Това изобщо рядко се случва.

А кой го потвърди?

Първа беше групата на Филип Ким в Колумбийския университет в Ню Йорк (между другото, те бяха главните конкуренти на Андрей и Костя по графеновите работи). Днес това вече е потвърдено, може да се каже, в десетки експерименти. Но главната привлекателност на тази идея е в това, че тя обяснява защо графенът е по принцип интересен.



Михаил Кацнелсон

Работата е в това, че в графена, така както и в полупроводника, има дупки и електрони. При това материалът лесно се превключва от един вид проводимост в друг – например да се премине от дупчеста проводимост (когато основни носители на електричен товар са положително заредените дупки) към електронна и обратно. За целта е достатъчно например да приложим към графенов лист външно елек-

трическо напрежение (на английски го наричат gate voltage). При това в нормални условия графенът винаги съдържа вътрешни нееднородности, т.е. там има области с електронна проводимост и области с дупчеста проводимост (в статиите си ние ги наричаме електронни и дупчести „локви“). Защо възниква подобен ефект? Той е свързан примерно с това, че графенът е двумерен, а всяка двумерна система при произволна крайна температура изпитва силни флуктуации. Така че, ако не беше клайновското тунелиране, което позволява на електроните да преминават през дупчестите области и обратно, то всички електрони в графена биха оставали в своите локви и самият графен не би бил проводящ материал.

И още един съществен факт: практически във всеки друг полупроводников материал не можем да преминем по непрекъснат начин от електронна към дупчеста проводимост – непременно трябва да преминаваме през изолаторен район, когато материалът изобщо престава да провежда ток. В графена обаче такъв район няма – това също е следствие от различни видове релятивистки ефекти, описани в мои публикации относно квантовата минимална проводимост на графена.

Както и да е, но всичко това говори, че графеновата електроника не би могла да се строи по аналогия със силициевата или германиевата електроника. В най-простите транзистори, когато подаваме напрежение на централната област (например на електронната), ние можем да го запущаме или отпушваме. Но поради клайновското тунелиране в графена никога не можем да запустим обикновения транзистор. Това значи, че графеновият транзистор трябва да бъде устроен по съвсем друг начин.

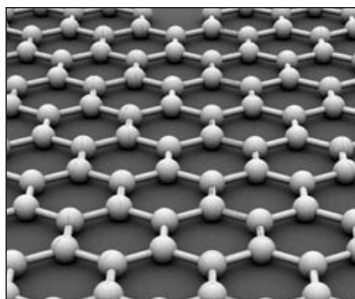
Заедно с моите приятели от Манчестър аз участвах в някои от основополагащите проучвания в тази област – как правилно да се създаде графенов транзистор. Най-доброто, което можахме да предложим, беше така наречената вертикална геометрия. При подобна схема токът протича не по графеновия лист, а от един лист в друг

Трябва да кажа, че всичко друго, което споменах по-рано, като съществуването на минимална квантова проводимост, дупчести и електронни локви, също е свързано с някои мои работи. Така че от моя гледна точка аз имах съществено участие във формирането на езика на тази нова област, който език днес се използва практически от всички. И се радвам, че научната общност оцени тези работи като важни.

Какво е в днешно време състоянието на цялата тази наука? Вие сам казвате, че през последните години се занимавате активно с това.

Състоянието е забележително. Графенът е просто някаква приказка по няколко причини. Е, на първо място хората са чудесни (смее се).

И на второ място забележителният баланс между теорията и експеримента, истинско пълноценно сътрудничество. Това значи, че само да бъде предсказан някакъв ефект и той веднага бива проверяван. Или, да речем, прави се експеримент и веднага теоретиците се залавят да обяснят получената информация. Може да се каже, че цялата дейност около графена просто представлява една образцово нагледна физика. Ако например сравним с някоя друга модна за деня област, в която мнозина вече преминават от



Слой от въглеродни атоми, разположени по върховете на шестоъгълна мрежа

графена – така наречените топологични изолатори – то там според мен подобен баланс все още не е постигнат. Там, грубо казано, има сто (или хиляда) теоретика на един експериментатор. Фантазията на всички работи с пълна сила, но липсват експериментите, които да връщат теоретиците на Земята.

И още нещо. Графенът е достатъчно проста система – не е като високотемпературните свръхпроводници. Там всичко е засукано: при тях и химическите формули са достатъчно сложни, и кристалната структура е сложна – милион всякакви фактори. Затова, изобщо казано, няма особени пробиви. Ето вече – колко? – 25

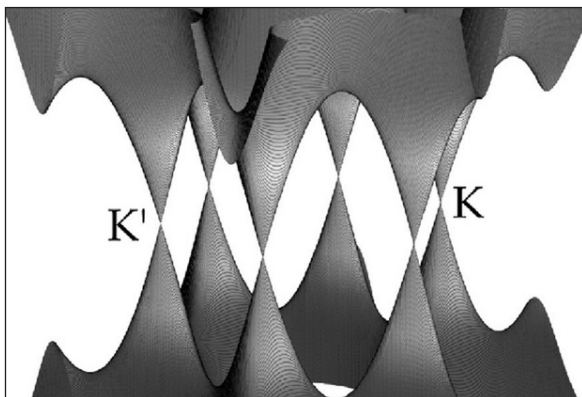
години човъркат, но не може да се каже, че сме разбрали нещо важно, че сме решили проблема. А при графена, тъй като хората са симпатични, тъй като теоретиците и експериментаторите чудесно си взаимодействат и тъй като тази система все пак е относително проста, напредъкът е огромен. Към днешния момент на равнището на едночастичната теория на графена (най-простият модел, в който взаимодействието между преносителите на електричен заряд не се разглежда) вече почти всичко е направено: създаден е език, открити са основните ефекти. Даже, признавам си, стана малко нещо скучно и аз взех да си мисля дали да не премина в друга област. Но ето че отново, благодарение на колосалния напредък в техниката на експеримента, качеството на образците стана толкова високо, че позволи да се потиснат всичките тези локви, за които споменах и които пречат да се наблюдават най-различни фини ефекти и да се стигне много близко до така наречената Диракова точка, до най-интересния случай, а експериментално започнаха да наблюдават многочастичните ефекти – онези, които са съществено свързани именно с взаимодействието между електроните. И отново като че ли се отвори някакъв нов свят. Така че бъдещето на теорията на графена е тъкмо в такива многочастични ефекти, тук сега възникват маса твърде интересни задачи.

Споменахте Дираковата точка. Разкажете малко по-подробно за нея.

Надявам се вашите читатели да си спомнят от училището, че един от изходните пунктове на квантовата механика е теорията на Нилс Бор за атома. Според едно основно положение на тази теория електроните в атома могат да притежават не произволна енергия, а само някакви определени дискретни стойности на енергията. Днес това е многократно проверено на практика – например в изолирани системи (тях даже можем да наречем „изкуствени атоми”), известни като квантови точки, енергетичният спектър е дискретен (т.е. състои се от отделни стойности).

Ако преминем към твърди тела, спектърът е по-сложно устроен. В обикновените полупроводници имаме работа с такава ситуация: някои енергетични зони са изцяло запълнени, а някои са изцяло празни. Ако имаме частично запълнена зона на такива разрешени енергии, то това е метал, т.е. проводник. Ако едни зони са изцяло

запълнени, а други са празни, то това е полупроводник или изолатор. Графенът е твърде уникален с това, че при него в основното състояние също има изцяло запълнена зона и изцяло празна зона, но между тях няма празнина. И ако се опитаме да онагледим, да нарисуваме картинка за строежа на този енергетичен център, то тази запълнена зона може да бъде представена като някакъв конус, върху чийто връх е разположен също такъв конус. Най-интересното място на електронния спектър е именно този връх на конуса. И ако се опитаме



*Спектър на графена.
Виждат се добре дираковските точки
(две от тях са означени с K и K')*

да построим някакъв модел – физиците наричат този модел хамилтониан – подобно на моделите във физиката на полупроводниците, във физиката на металите и т.н., който описва подобна ситуация, то това ще прилича твърде много на хамилтониана на Дирак в релативистката квантова механика. Точката, в която се допират двата върха, се нарича дираковска. Ако графенът не е допиран (т.е. допълнително не инжектираме в графена нито електрони, нито дупки), то в тази точка се намира извънредно интересна физика.

В тази точка възникват твърде интересни електронни ефекти. Една от основите на нашето разбиране за твърдите тела и изобщо за кондензираното състояние (на твърдите тела и течностите) е теорията на ферми-течностите, развита от великия съветски физик Лев Ландау. Грубо казано, според тази теория, когато в уравненията на електронната теория бъдат прибавени взаимодействията на електроните, това не води до никакви нови качествени ефекти, т.е. това не е важно – просто се изменят някои от параметрите на модела. Да речем, вместо една стойност на масата или на магнитния момент трябва да се разглеждат други и това е всичко. Именно затова моделът с невзаимодействащите електрони обикновено дава такова добро приближение.

Така че, съдейки по всичко, графенът в близост до дираковската точка представлява изключение, т.е. теорията на Ландау за ферми-течността там не работи. И тъкмо това, казано най-общо, беше отдавна известно като теоретична конструкция, която беше предложена много преди откриването на графена от моя приятел и съавтор Пако Гинеа и други теоретици в Испания. А неотдавна всичко това беше експериментално потвърдено. Така че сега, струва ми се, основните усилия на теоретичите, работещи в областта на графена, трябва да се съсредоточат върху изясняването на това нефермитично състояние, за да се разбере какъв вид ефекти на междуелектронното взаимодействие биха могли да се очакват. Това е една твърде нова и неизучена област, която е извънредно привлекателна за работа.

Каква е математиката там? Има ли нещо, което да интересува не само физиците?

Едноелектронната теория това е уравнението на Дирак, което от формална гледна точка представлява линейно уравнение с частни производни. Това е красива математика. Признават го даже математиците. Например, за да се построи сериозна, а не просто качествена математическа теория на клайновското тунелиране, трябва да се използва много красива, елегантна математика – така нареченото квазикласическо приближение, но значително по-изтънчено, отколкото е в случая на обичайната квантова механика. А именно такава, която позволява да се вземе под внимание клайновското тунелиране.

А когато говорим за многочастичните ефекти в графена, ние преминаваме на съвършено ново равнище, където вече трябва да се използва целият арсенал от сложни методи на квантовите частици и на теорията на полето, каквито например са методите, използвани в теорията на елементарните частици при изясняването например на въпроса защо няма кварки в свободно състояние. И аз отново се оказах въвлечен в някои от тези изследвания и започнах да сътруднича с теоретичната група на Института по теоретична и експериментална физика в Москва, като се опитваме да приложим тези методи на теорията на елементарните частици към изучаването на многочастичните ефекти в графена. Така че там, изобщо казано, има математика за всеки вкус, като се започне от класическата математическа физика на XIX век – изследване на диференциални уравнения с частни производни – и се свърши със съвременната изтънчена математика и числените методи, които се използват в така наречената фундаментална физика. Всъщност още в първите наши съвместни работи с Андрей и Костя имаше връзка със съвременната математика, с геометрията и топологията. Е, разбира се, не съвсем днешна, а такава, каквато е била преди около 50 години. Например теоремата на Атя-Сингър. А това вече е много добре: например във физиката на твърдото тяло обикновено е достатъчна математика отпреди 150 години.

Няколко въпроса встрани от темата. Добре известно е, че Вие сте вярващ, че сте православен християнин. Това не Ви ли пречи при общуването с колегите от чужбина? Казват, че много от съвременните физици са атеисти.

Мога да кажа, че поне на Запад това не ми създава абсолютно никакви проблеми при общуването с колегите. Всички са наясно с това, а и аз не го крия. Даже бих казал, че типичното отношение може да се охарактеризира като доброжелателно незаинтересувано. За повечето от тях според мен това е абсолютно без никакво значение, доколкото ученият трябва да се оценява по неговите научни работи. Ако с мен могат да обсъждат някакъв интересен научен въпрос, нека така да е. Но верските теми са от такъв характер, че не е прието публично да ги афишираш. Обсъждаш ги с близките си приятели. Имам близки приятели сред физиците и те самите могат да споделят други възгледи, но във всеки случай те се отнасят с пълно уважение и с пълно разбиране към моите религиозни възгледи. Още когато живеях в Русия, заедно със своя колега и съавтор Валя Ирхин публикувах две книги за науката и религията – „Небесни устави:

16 глави за науката и вярата” и „Крилете на Феникс: увод в квантовата митофизика”.

Просто хората много не се замислят по тези неща, но заедно с това мога например с гордост да кажа, че Костя Новоселов, когато още не беше никакъв Нобелов лауреат, а беше още съвсем млад човек, ми каза, че е чел „Крилете на Феникса” и книгата му е направила силно впечатление. Аз, разбира се, няма да се бия в гърдите и да говоря, че именно аз, аз, аз съм му помогнал да стане Нобелов лауреат, но във всеки случай прочитането на моите псевдонаучни книги очевидно не му е навредило. Така че тук отношението е спокойно.

Колкото до въпроса как лично аз съвместявам тези неща, то струва ми се, най-важното, което тук трябва да разбираме, е: не бива да се смесват равнищата. Ние сме не само физици, ние в крайна сметка сме човешки същества, ние имаме различни проблеми, разполагаме с различни видове опит – и опита от ежедневието, и някакъв вътрешен духовен опит, наричан понякога мистичен опит, и опита на нашата научна работа, общуваме с жени, общуваме с приятели, общуваме с деца, тоест живеем многопланово и аз не мисля, че моите религиозни схващания по някакъв начин непосредствено оказват влияние върху моята научна работа или обратно, или върху някои мои литературни занятия. Просто човек е многопланов или, както казва Фьодор Михайлович Достоевски, „човекът е широк” и всичко това спокойно се побира в него. Аз, честно казано, никакви особени проблеми не изпитвам по този повод.

Как се отнасяте към учредяването на катедра по теология в МИФИ (Московски инженерно-физически институт)?

По принцип, ако си спомняте вица за Вовка: да Ви имам проблемите, Мария Ивановна, – та и моето отношение е горе-долу същото. Доколкото съм чел за тази история, там действително не са направили всичко, както трябва – и не защото става дума за вяра или за още нещо, а просто, както се говори (аз самият не съм се задълбавал – четох само в интернет), там началството е извивало ръце, правели са нещата противно на желанията на хората, не са се съобразявали с мненията на хората и така нататък. Ще рече самоуправство, а това не е хубаво. Ако в този случай също става дума за самоуправство, то това е лошо. А ако, както се говори, това е направено по съгласие (възможно е това да не е случаят на МИФИ), то няма нищо лошо – има катедра и нека който иска да се занимава в нея, а който не иска да не се занимава. Аз не виждам в това никакъв проблем. Ние тук имаме теологичен факултет; между впрочем нашият университет е католически. Е, и какво от това? Какво като е католически?

Той на името на някакъв светец ли е наречен?

Да, на свети Радбод. А пред главния административен корпус има паметник на светията Тома Аквински. На мен това по никакъв начин не ми пречи. Разбирам, че като вярващ това някак ме засяга, но мисля, че повечето мои колеги са атеисти и на тях също не им пречи. Всичко това е нормално. Просто всичко е нормално. Прекрасно разбирам, че в Русия това е ужасно болезнен въпрос, просто защото той, първо на

първо, е изключително политизиран. А, второ, най-вероятно някои хора от по-възрастното поколение още пазят спомените за принудителното промиване на мозъци с марксизма-ленинизма през съветското време; във връзка с това аз бих могъл да разкажа много неща: в края на краищата мен ме принуди да завърша философския факултет на университета по марксизъм-ленинизъм. Имам диплом за това. Жалко за загубеното време, което и до днес ми напомня за себе си.

Но от друга страна в моя случай резултатът беше право противоположен на изискването: аз не само не станах марксист-ленинист, но станах идеалист, вярващ, категоричен антимарксист. Така че, ако бях на мястото на онези, които се опитват да насаждат някаква религиозна, православна, ако щете и атеистична, каквато ще да е пропаганда, аз сериозно бих се замислил. А ако това се прави с цел да се отличат пред началството или някъде да им сложат червена точка, то тук няма какво да се обсъжда – това просто е свинство и свинство.

Ако някой искрено мисли, че по такъв начин хората могат да бъдат тласнати в някаква желателна посока, то аз бих могъл да дам забележителен контрапример. На мен ми промиваха мозъка с марксизма-ленинизма и докараха нещата до мракобесие, до идеализъм, до попщина, както обичал да се изразява Владимир Илич. Мисля, че подобно усърдие в стремежа да се натрапва православието ще доведе до точно такива резултати – просто ще се навъдят не просто атеисти, а войнстващи атеисти; на мен като на православен човек подобна перспектива ми действа потискащо. От посочените две позиции: че въобще всяка пропаганда винаги води до обратни на поставените цели резултати и че самоуправството е зло и трябва да се съобразяваме с мнението на хората, аз се отнасям отрицателно към подобна инициатива. Но ако просто говорим за съвместното съществуване на катедра по теология и катедра по ядрена физика или каквато и да е друга катедра в рамките на дадено учебно заведение, то аз в подобно заведение работя вече девет години, чувствам се напълно щастлив и не виждам в това абсолютно никакъв проблем.

Бележки на преводача

[1] Премията, наречена на името на бележития холандски философ Бенедикт Спиноза (1632-1677), е учредена през 1995 г. от холандската организация за фундаментални научни изследвания. Това е най-високата научна награда в Холандия. Тя се присъжда на холандски учени с утвърдени в света водещи научни постижения. Няма определен списък на научните области, обсъждани от комисията – решението за присъждане се взема за всеки номиниран учен поотделно. Лауреатите получават бронзова статуетка на Спиноза, а също разделят помежду си 2.5 милиона евро, които те могат да изразходват за по-нататъшни научни изследвания

[2] Андрей Гейм и Константин Новоселов получиха Нобеловата награда по физика за 2010 г. „за новаторските си експерименти, свързани с двумерния материал графен” (вж. *Светът на физиката*, т. 33, кн. 4, 2010 г., с. 381).

[3] Дираковски фермиони са фермионите (т.е. частиците, които се описват от уравнението на Дирак), които не са свои собствени античастици. Такива са всички фермиони с изключение,

може би, на неутриното. В кондензираната материя това са нискоенергетичните възбуждания с линейно дисперсионно съотношение $E = \nu k$, където k е вълновото число и ν е на мястото на светлинната скорост.

[4] Парадокс на Клайн. През 1929 г. шведският физик-теоретик Оскар Клайн прилага уравнението на Дирак към познатия проблем за разсейване на електрон от потенциален бариер и получава изненадващ резултат. Докато в нерелативистката квантова механика тунелирането експоненциално затихва, то при потенциал от порядъка на електронната маса $V \sim mc^2$ бариерът е почти прозрачен, а при $V \rightarrow \infty$ става напълно прозрачен. Много от експериментите по електронен пренос в графена се опират на парадокса на Клайн за безмасови частици.

Превод от руски: **М.Бушев**

<http://lenta.ru/articles/2013/06/24/kacnelson>

**НА ВНИМАНИЕТО НА БЪДЕЩИТЕ ВЕЛИКОДУШНИ И ЩЕДРИ
СПОМОЩЕСТВОВАТЕЛИ НА СП. СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА**

БАНКОВА СМЕТКА НА СФБ
BG82CREX92601013508300
BIC: CREXBGSF
ТОКУДА БАНК АД

ОТ ЛЕЙТЕНАНТ В АРМИЯТА ДО МАРШАЛ В НАУКАТА

(100 години от рождението на академик Г. Н. Фльоров)

Н. Балабанов



Приятен повод да напиша очерк за академик Г.Н. Фльоров е не само стогодишният му юбилей, но и последното решение на Международния съюз за чиста и приложна химия (IUPAC) да назове на неговото име 114-ия елемент в периодичната система – Фльоровий (Fl). Това решение е признание за големите заслуги на руския учен в развитието на ядрената физика и по-специално за активното му участие в откриването и изследванията на няколко елемента от втората стотица на Менделеевата таблица. Спазена е традицията – за названия на някои елементи да се предлагат имена на заслужили учени. Новото решение поставя името на Г.Н. Фльоров наред с имената на световноизвестни учени, които красят Таблицата:

Кюри (Z=96), Айнщайний (Z=99), Фермий (Z=100), Ръдърфордий (Z=104), Борий (Z=107) и др. А по закъснялото признание на заслугите това събитие има сходство с решението 109-ия елемент да се нарича „Майтнерий“ на името на австрийската радиохимичка Л. Майтнер, която според Айнщайн има по-големи заслуги за изясняването на процеса на ядрено делене, отколкото имат О. Хан и Ф. Щрасман. (За това откритие през 1944 г. на О. Хан е присъдена Нобелова награда по химия.)

Писал съм биографии на много физици – творци на класическата и модерната физика, с удоволствие съм се пренасял в техния свят, бродил съм в тяхното време, търсел съм необикновеното в техните съдби и човешкото в характерите им [1, 2]. Още по-голямо удоволствие изпитвам, когато пиша за големи учени, с които съм се срещал, беседвал и споделял своите планове и размисли [3]. Такъв е случаят с Георгий Николаевич Фльоров, директор от 1957 до 1989 г. на Лабораторията по ядрени реакции към Обединения институт за ядрени изследвания (ЛИЯР, ОИЯИ). По-нататък често ще използвам инициалите на учения – Г.Н. (Ге-ен), както го наричаха помежду си неговите сътрудници.

Задочното ни запознанство датира от 60-те години на миналия век. Още като млад асистент следях неговите успехи в синтезирането на новите елементи. Когато пишех

учебници по физика за 11-ти клас (1968-69 г.) и по ядрена физика за студенти (1970 г.), аз включих името на Г. Н. като автор на откритието на един от видовете радиоактивности.

През януари 1971 г. вече видях „на живо” и то в едно от „сраженията” с опонентите от САЩ. Току-що постъпил на работа в ОИЯИ, не можех да пропусна заседанията на Международната конференция по физика на тежките йони, на която се обсъждаха проблемите и постиженията в синтеза на свръхтежките елементи. Седях на един от последните редове в препълнената аудитория и с любопитство следях „двубоя” между основните съперници – групите от Беркли и Дубна. Екипът на Г. Н. беше вече заявил претенциите си за първооткривател на елементите с $Z=104$ и $Z=105$ (дори ги бяха „кръстили”), а на Конференцията докладваше за работите по синтезирането на елементите след $Z=106$.

През следващите месеци и години се стараех да не пропускам семинарите в ЛЯР. Те бяха винаги ръководени от Г. Н. и аз обичах да слушам неговите реплики и оценки, да наблюдавам поведението му. Той впечатляваше с артистичното си държане, с образното мислене, с оригиналните плакати, с които илюстрираше проблемите, постиженията и перспективите в изследванията.

Няколко години по-късно вече имах възможност да вляза в неговата „орбита”, да общувам с него и още по-отблизо да го опозная. В резултат на това организирахме успешно сътрудничество между ЛЯР и катедрата по атомна физика в Пловдивския университет. Срещах се с него при всяка моя командировка в Дубна. Много беседи сме провели, много чай сме изпили (подаряваше ми пакетчета със специален чай за вкъщи), много спомени ми е разказвал. Една част от тях ще преразкажа тук. Заслужава си.

Началото. Летящ старт в науката

Георги Николаевич е роден на 2 март 1913 г. в Ростов на Дон. Началната му биография е типична за „октомврийското” поколение на Русия. След завършване на средното образование е работил в родния си град като смазочник в локомотивно депо, по-късно като електротехник. През 1931 г. заминава за Ленинград (сега Санкт Петербург) и постъпва на работа като пиротехник в завод „Красный путиловец”. Заради силно проявеното трудолюбие и любознателност е изпратен да учи в Инженерно-физическия факултет на Политехническият институт. В трети курс вече е забелязан от преподавателите и привлечен за работа в лабораторията, ръководена от проф. И. В. Курчатов (към Физико-техническият институт). По това време Курчатов вече има признанието на водещ учен. Започнал изследванията си във физиката на диелектриците, през 1932 г. той се насочва към ядрената физика. След опитите на Е. Ферми през 1933-34 г. се ориентира изцяло към неутронната физика. В тези изследвания е привлечен и студентът Фльоров.





„Още като студент – разказва Г. Н. – имах щастие-то да стана ученик в научната школа на Игор Василевич Курчатов. Под негово ръководство се занимавах с изследване на ядрени реакции, предизвикани от неутрони, с изучаване на радиоактивността на образуваните се продукти.“

И. В. Курчатов започва да организира ежеседмичен семинар по неутронна физика, редовен участник в който става и студентът Фльоров. Според него *„самото раждане на този семинар беше признак за това, че периодът на ученичество за нашата ядрена физика е преминал и тя е придобила свой собствен почерк. Ако в началото ние повтаряхме опитите на Ферми, то много скоро започнахме да провеждаме свои опити. В поредните научни списания намирахме описания на същите опити, изпълнени едновременно или почти едновременно в Рим от групата на Ферми. Понякога това предизвикваше досада, понякога удовлетворение от това, че сме излезли на едно ниво с първокласна физическа школа.“*

Под ръководството на Курчатов Г. Н. разработва дипломна работа за изследване на взаимодействията на ядрата с неутрони, притежаващи различни скорости. За повишаване енергията на неутроните дипломантът приложил прост и оригинален метод, като загрявал машинното масло, през което те преминавали (идея, навярно подсказана от опита му като смазочник). Заради неговите оригинални идеи и разностранни интереси състудентите още тогава наричали колегата си „поливалентен“.

Точно такива сътрудници търсил Курчатов. През 1938 г. той без колебание привлича на работа дипломиралия се вече специалист. Г. Н. започва своята изследователска дейност в изключително благоприятна среда и във време, което се характеризира с бурно развитие на ядрената физика, предизвикано от каскадата забележителни открития през 30-те години в тази област. Той добре си спомня събитието, което определя целия му творчески път – откриването на ядреното делене от О. Хан и Ф. Щрасман.

Откритието на немските физици е впечатлявало най-вече с огромната енергия, която се отделя при деленето на урановите ядра: *„Тогава ние с Курчатов започнахме да мечтаем, да пресмятаме какви уранови запаси са разсеяни в земната кора, колко стотици и хиляди ДНЕПРОГЕС-а може да замени тази енергия, какви богатства ще може да донесе на човечеството. (ДНЕПРОГЕС е ВЕЦ на р. Днепър, пусната през 1932 г. с мощност 560 МВт – една от гордостите на съветската икономика). Оценките показваха, че ядрената енергия от урановите запаси ще бъде достатъчна, за да осигури човечеството за хилядолетия.“*

При обсъждане на реакцията на делене естествено възниква и друго важно предположение: ядрата-осколки трябва да са „пренатоварени“ с неутрони. Следователно, в процеса на делене могат да възникнат вторични неутрони. Ако техният брой е повече

от единица за всяко ядро, заловило неутрон, по принцип е възможно протичане на верижна реакция. И. В. Курчатов е запленил от тази възможност и възлага на Г. Н. Фльоров и Л. И. Русинов да определят експериментално средния брой на вторичните неутрони при един акт на делене – константа, означавана с ν .

„В началото на април 1939 г. ние измерихме тази константа – спомня си Г. Н. – Получихме резултат $\nu=3\pm 1$. Макар измерванията ни да не бяха много точни, давахме отговор на главния въпрос: раждат се достатъчно количество вторични неутрони, за да предизвикат верижен процес.“

Фльоров и Русинов докладват своите резултати на курчатовския семинар на 10 април 1939 г. Малко по-късно било установено, че на 7 април с. г. е излязла статия от Ф. Жолио и неговите сътрудници със заглавие: „Брой неутрони, излъчени при делене на урана“. За стойността на константата те получили $\nu=3,5$. (Днес е приета стойността $\nu=2,41$). Приоритетът и този път бил изпуснат, но изоставането било само „с едни гърди“.

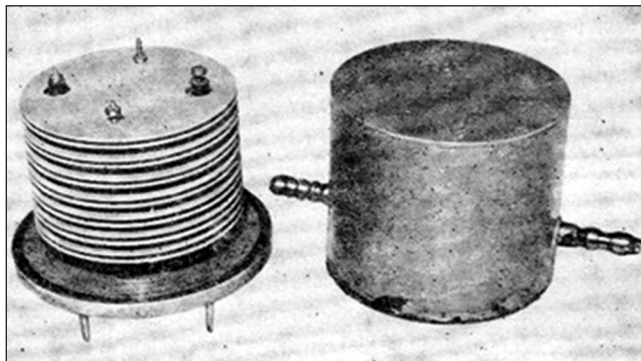
Следваща важна задача, която Курчатов поставя, е изучаване на вероятността за верижна реакция при естествения уран (съдържащ три изотопа с масови числа 238, 235 и 234). Подходящ изпълнител на тази задача, разбира се, е „многовалентният“ Фльоров. Самият Курчатов вече се е убедил, че „главата му ражда по седем идеи на седмица“. Като партньор в изследванията бил привлечен сътрудникът в Радиевия институт К. Пьотържак. Това сътрудничество между двамата младежи се оказало изключително плодотворно – може би също проява на курчатовската прозорливост. По-късно той на шега казвал, че съчетанието Фльоров и Пьотържак е случай, когато „едно плюс едно е повече от две“.

Г. Н. разказва: *„Неутронните източници по онова време бяха много слаби и единственият път за решаване на поставената задача се състоеше в рязкото увеличаване на чувствителността на йонизационната камера, с която мерихме осколките на деленето. Ние успяхме да увеличим чувствителността стотици пъти в сравнение с нормалната.“* Заради високата чувствителност камерата реагирала на всеки страничен шум, напр. на трамвайното движение. Наложило се измерванията да се провеждат нощем. (фиг. 1)

След много усилия върху конструкцията на камерата и измервателната апаратура, започнали измерванията. „Игор Василевич придаваше огромно значение на фоновите



И. В. Курчатов и Г. Н. Фльоров



Ионизационната камера на Флоров и Пьотържаск

блюдаваме. Средният брой на такива „квазипарчета“ се оказва шест за един час”.

Курчатов веднага оценил значението на тези резултати. Ако импулсите не се дължат на странични процеси, възможно е това да е предполагаемо самопроизволно делене на урановите ядра. Няколко месеца по-рано Н. Бор и Дж. Уайлер са предсказали спонтанното делене на урана и са оценили периода на полуразпадане за такъв процес $\sim 10^{22}$ години [4]. Резултатът на ленинградската група бил с шест порядъка по-висок. Преди това бъдещият нобелист У. Либи се опитал да регистрира това явление, но не открил никакъв ефект.

По указания на Курчатов младежите започват серия от контролни измервания, за да елиминират различни причини за нежелан ефект. Наложило се да се увеличи още чувствителността на камерата. Трябвало да бъде отстранено и влиянието на космичното лъчение. „Игор Василевич предложи да защитим камерата с дебел слой вода – например да се потопим с подводница на дъното на Балтийско море. Но морето близо до Ленинград е плитко – 20-30 метра, а такъв слой вода е недостатъчен за ефективно задържане на космичните лъчи. Тогава той реши да ни командирова в Москва. Установихме апаратурата в станция „Динамо“ на московското метро. Нощем, когато движението се прекратяваше, ние, прикрити с 60-метров слой земя, започвахме да измерваме. Ефектът се оказа същият. Вече по-решително можеше да наречем явлението „спонтанно делене“.

По същество е открит нов вид естествена радиоактивност. Откритието е регистрирано на 14 юни 1940 г. под № 33 с формулировката: „Експериментално е установено спонтанно – без възбуждане от каквито и да е частици, делене на ядрата на естествен уран на две части. Това е нов вид радиоактивност, при който първоначалното ядро се превръща в две ядра, разлитаци се с кинетична енергия около 160 MeV.”

„Спонтанно делене на урана” – с такова заглавие са публикувани статии в ДАН СССР (том 28) и в ЖЭТФ (том 10) и кратко съобщение в J.Phys. Интересен факт е, че името на Курчатов не е записано в авторския състав. „Безспорно под това съобщение трябваше да стои фамилията на Игор Василевич – коментира Г. Н. – Той даде идеята за опитите, по негово задание ние конструирахме свръхчувствителна камера, която

експерименти. Затова решихме да проведем продължителни фонови измервания. И ненапрасно. След известно време на екрана на осцилографа се появи мощен импулс, характерен за парчетата на деленето. Такива импулси наблюдавахме, когато към камерата се приближи неутронен източник. Но наблизо нямаше никакви неутронни източници. Започнахме да на-

даде възможност да открием спонтанното делене. С него обсъждахме всички подробности на опита, той предложи основните контролни измервания. Но Игор Василевич отказа да подпише съобщението, без да мотивира своето решение. Едва по-късно, вече след излизането на публикацията, узнахме от него, че не е искал да „засенчи“ своите ученици”.

Това е рядък случай на научна етика и морал!

Академик Йофе оценява откритието на Фльоров и Пьотържак като най-значимото за 1940 година. Академията предлага двамата комсомолци за Сталинска награда. Изчакват се обаче отзиви от чужбина, а такива не се появяват. Затова наградата не се присъжда. Въпреки това Курчатов достатъчно ясно разбира значението на изследванията. Затова на 29 август 1940 г. изпраща писмо до Президиума на академията: „За използване на енергията на урана при верижна реакция”. Освен от него, писмото е подписано от Ю. Харитон, Л. Русинов и Г. Пьотържак. В него е предложена програма за работа, която цели бързо овладяване на вътрешноядрената енергия.

За по-нататъшното разширяване на ядрените изследвания във Физико-техническия институт е започнало изграждане на ускорител циклотрон. За неговото физическо пускане вестник „Правда” съобщава в броя си от 22 юни 1941 г. Това е датата, на която немските войски нахлуват в територията на СССР. Преустановени са всякакви научни изследвания.

Войната. Инициативата на Г. Н. Фльоров за осъществяване на съветския атомен проект

През юли 1941 г. Г.Н. попада в ленинградската блокада. „Аз постъпих в народното опълчение, но скоро след това ме изпратиха на курсове за инженери по специализацията на самолети, където в продължение на четири месеца изучавах авиационна техника. Тогава у нас се появиха бомбардировачи Пе-2. Нас ни подготвяха за ефективно използване на новата бойна техника.”

Курсовете се провеждат в град Йошкар-Ола. Това е неголям град, но като столица на Марийската автономна република има разкрити университет и научни институти. „В Йошкар-Ола аз често седях в читалнята на Оптичния институт, треперех от студ и правех изчисления за верижната реакция. Като физици ние разбирахме, че Германия, с нейните традиции в ядрената физика, притежава огромен технически



потенциал, има на разположение уранови запаси, тежка вода и талантиливи физици, които са способни да създадат атомна бомба.”

Г. Н. настоява пред командирите си за разрешение да замине за гр. Казан, за да се срещне с т.нар. „Малък президиум” на Академията, евакуирана от Москва. Въпреки напрегнатата обстановка (немските войски са пред Москва), командването на курса издава заповед: „Командирова курсант Фльоров в Академията на науките за обсъждане на неговите предложения”. На 17.12.1941 г. Г. Н. пристига в Казан, а на 20 декември докладва на семинар своите заключения.

„В Казан аз доложих за своите пресмятания на заседание на „малкия президиум” с участието на А. Ф. Йофе, П. Л. Капица и други ръководители на физически изследвания. Изслушаха ме, но казаха, че работата е сериозна и изисква огромни човешки и финансови ресурси. Продължаването на изследванията в най-трудни военни условия сметнаха за абсолютно невъзможно.”

В края на годината Г. Н. завършва курса и получава звание „техник-лейтенант”: „Получих направление в една от разузнавателните авиоескадрили към Югозападния фронт. След поредна предислокация нашата част се оказа във Воронеж. Университетът беше евакуиран, но библиотеката – оставена в града. Постарах се да проникна в нея. Удивително, въпреки войната, в библиотеката имаше американски списания по физика, а те най-много ме интересуваха. Надявах се в тях да видя нови статии по делене на урана, да намеря отзиви за нашата работа по спонтанното делене. Неочаквано установих, че са преустановени всякакви публикации по деленето на урана... Всичко показваше, че ядрените изследвания в САЩ са засекретени, а това на свой ред означаваше, че в Америка са пристъпили към сериозна работа по създаване на ядрено оръжие.”

Сдържаното отношение на академиците към урановия проблем не отчайва Г. Н., по-скоро го амбицира. Новопроизведеният лейтенант, когото са подготвяли в техниката



Лейтенант Фльоров

на пикирането и бомбардирането, започва да „пикира” и „бомбардира” с писма високите етажи на властта. Най-напред пише да С. Р. Кафтанов, пълномощник на науката в Генералното командване на отбраната – ГКО (преди войната – председател на Комитета по въпросите на висшето образование). След като излага наблюденията си и определя като „проява на недалновидност” прекратяването на ядрените изследвания, Г. Н. заключава:

„Историята сега се прави на бойните полета, но не трябва да забравяме, че науката, тласкаща техниката, се създава в научно-изследователските лаборатории; трябва винаги да помним, че държавата, която първа осъществи ядрена бомба, ще може да диктува на целия свят своите условия. Сега единственото, с което можем да поправим своята грешка – полугодишното

безделие, е възстановяването на работите и провеждането им в по-широк мащаб, отколкото преди войната.” (Всички цитати от писмата на Флѐоров са взети от [5])

(Уместно е да сравним тези разсъждения с подобни, изказани през 1939 г. от хамбургския професор Хартек в писмо до военното министерство на фашистка Германия. Изтъквайки необходимостта от работи върху създаване на атомна бомба, професорът отбелязва: „Страната, която първа съумее практически да овладее постиженията на ядрената физика, ще придобие абсолютно превъзходство над другите.”)

Няколко месеца отговор на писмата няма. Тогава Г. Н. пише писма – най-напред до секретаря на Й. В. Сталин, а после – на самия вожд. Какво е това поведение, ако не сериозно нарушение на военния устав и дисциплина. В армията йерархията трябва да се спазва – всяко предложение трябва да се връчва на преките командири. А лейтенант Флѐоров прескача едва ли не десетина висшестоящи началници и изпраща писмо пряко на Главногокомандващия. Сигурно не си дава сметка, че с това рискува званието си, а може би и живота си. Защото в писмата той не само описва ситуацията, а си позволява да дава негативни оценки на някои от най-авторитетните учени в страната: *„Въпросът за урана сега се намира в стадий, когато само личното участие на др. Сталин може да помогне. Аз достатъчно добре познавам академик Йѐфе, за да мисля, че това, което прави, е съзнателно. Обаче, обективно подхождайки към въпроса, неговото поведение е близко до истинско престъпление.”*

Писмата на Г. Н. се характеризират с яростен патос и пълна убеденост в предложенията и оценките. Единственото, в което той не е убеден, е стилистиката. Писмото до Сталин е написано в сурови армейски условия и с „кошмарен флѐоровски почерк”, затова той моли секретаря преди да го предаде на Главногокомандващия „да поправи ортографията и стилистиката и да го препечата на пишеща машина.”

Ще цитирам някои откъси от писмото до Сталин:

„Налага се още в началото да направя уговорка. Може би аз не съм прав – в научната работа има елемент на риск, а в урановия случай той е по-голям, отколкото където и да е другаде... Обаче да си представим за минута, че ни провърви. Във военната техника ще настъпи истинска революция. Тя ще настъпи без нашето участие, за което ние ще заплатим скъпо. И всичко това, защото в научния свят както винаги процъфтява посредствеността...

Може би, намирайки се на фронта, аз съм изгубил всякаква представа за това с какво трябва да се занимава науката понастоящем и проблемните задачи, подобни на урановата, трябва да бъдат отложени за „след” войната. Така смята акад. Йѐфе и в това той дълбоко греши. Мисля, че ако в отделни области на ядрената физика ни се удаде да се издигнем до нивото на чуждите учени и някъде даже да ги изпреварим, сега ние правим голяма грешка, доброволно предавайки завоюваните позиции. За една година или за две ще изостанем толкова, че същият акад. Йѐфе ще бъде безпомощен пред трудностите. Най-големите глупости се правят с най-добри намерения.”

Увлечен и убеден в своите идеи, лейтенант Флѐоров си позволява още по-голяма „наглост” – да диктува на Генералния щаб действията, които трябва да се предприемат:

„Смятам за необходимо за решаването на въпроса да се свика съвещание в състав: академиците Йофе, Ферсман, Вавилов, Хлопин, Капица, а също професорите Ландау, Алиханов, Арцимович, Френкел, Курчатов, Харитон, Зелдович... (вижте какво си позволява един „хлапак“ в науката, незащитил още кандидатска дисертация, да събере цвета на съветската наука, за да го изслуша)... Моля за доклад 1 час 30 мин. Вашето присъствие, Йосиф Висарионович, е много желателно.”

Може би съдбата е пощадила „буйството“ на Флѐоров в лицето на Кафтанов, който е човек на науката и не захвърля писмата на лейтенанта, а започва допитване до авторитетни специалисти. Той успява да убеди акад. Йофе, подготвят с него някакво предложение за възстановяване на урановите изследвания и започват да го съгласуват с различни ведомства. Не всички от тях се отнасят положително към проекта. Но машината е задействана.

През септември 1942 г. Кафтанов докладва пред Генералния щаб. В заключение казва: „Разбира се, риск има. Ние рискуваме десетки, даже стотици милиони рубли. Но, първо, все едно ще ни се наложи да изразходваме тези пари за наука, а развитието на нови области на науката винаги е оправдано. Второ, ако не поемем този риск, рискуваме много повече: може да се окажем обезоръжени пред лицето на врага, овладял атомното оръжие.” [6]

(Кой каквото иска да говори за онзи генералски екип, който търси начин да спре немските войски, достигнали до Волга, който трябва да мисли за танкове, гориво, взривни материали ... и да вземе решение по един изглеждащ фантастичен проект. Все пак са проявили някакво уважение към науката.)

Кафтанов разказва: ”Сталин походи, походи и каза:

„Трябва да се действа!”

На 18.09.1942 г. Сталин разпорежда да се възобновят работите по атомните изследвания. Няколко месеца по-късно (да не забравяме, че това е времето на Сталинградската битка), на 15.02.1943 г. се взима решение за създаване на ръководен център за изследователска и развойна дейност по разработване на атомно оръжие.

Тези действия са аналогични, но изместени във времето, с това, което става в САЩ в началото на войната. А. Айнщайн пише две писма до президента Рузвелт (август 1939 г. и март 1940 г.), с които настоява САЩ да започнат работа по създаване на атомното оръжие, за да не бъдат изпреварени от Германия. Американското правителство взема решение за започване на работа по създаване на атомна бомба на 06.12.1941 г.

Неволно възниква сравнение между писмата на Г. Н. Флѐоров и А. Айнщайн, изпратени до държавните глави. Само че разликата в ранговете е огромна. Името на Айнщайн е добре познато на президента като световна величина в науката. 29-годишният Флѐоров, макар и автор на голямо откритие, е твърде далеч от зрението на „великия вожд и учител.”

Важно е признанието, направено от С. В. Кафтанов: „Инициатор на взетото решение беше Флѐоров.” [6]

И така, през пролетта на 1943 г. започва работата на съветската атомна програма

в подразделение на академията с кодово име „Лаборатория 2”. Ръководител на програмата е И. В. Курчатов. Един от първите сътрудници към Лабораторията, назначен от Курчатов, е неговият доскорошен дипломант и сътрудник Г. Н. Фльоров.

Важен етап от урановите изследвания е конструирането на ядрен реактор. В САЩ първият реактор е пуснат на 2 декември 1942 г. В СССР теоретичните и експериментални изследвания по реакторостроенето започват през 1943 г. В експериментите Г.Н. участва най-активно: *„На мен и В. Л. Давиденко Игор Василевич поръча да изучим явлението резонансно залавяне на неутроните в процеса на тяхното забавяне. Този ефект изпълнява първостепенна роля във верижната реакция с топлинни неутрони.”*

Известно е, че изотопът Уран-238 (140 пъти по-разпространен в естествената смес от Уран-235) притежава силно изразени максимуми на поглъщане на неутроните при ниски енергии. Това сериозно влияе на делителния процес при Уран-235 с топлинни неутрони. Определянето на долната граница на тази резонансна област е един от сериозните резултати, получени с участието на Г. Н. Освен това Фльоров и Давиденко опитно показват, че хетерогенната система – в която уранът е разпределен на блокове в забавителя, е по-ефикасна от хомогенната, с равномерно размесени уран и забавител. Тези резултати впоследствие са обосновани от теоретиците.

В края от 1946 г. Курчатов изпраща доклад до Сталин, в който съобщава: *„На 25.12.1946 г. е завършено съоръжаването и пуснат в действие експериментален физически уран-графитов котел.”* Две и половина години по-късно (29.08.1949 г.) е изпитана и първата съветска ядрена (плутониева) бомба. (По-подробно историята на създаването на съветската бомба е разгледана в книгата на колегата Р. Попиц „Атомният кошмар” [7]). В създаването на бомбата и в нейното изпитание взима участие и Г. Н. Фльоров. В този смисъл той е признат за един от най-активните участници в укрепването на отбранителната мощ на страната и в създаването на основите на нейната ядрена енергетика. Неговите заслуги са високо оценени от ръководството на държавата. Два месеца след изпитанието на бомбата, на 29.10.1949 г., „за успешно изпълнение на специалното задание на Правителството”, той получава званието „Герой на социалистическия труд” и едновременно лауреат на Сталинска премия. Под „задание” се разбира разработването и изпитанието на първата съветска атомна бомба, извършено на Семипалатинския полигон на 29 август с.г.

Така на 35 години Г. Н. притежава всички високи държавни награди, както и редица привилегии – лека кола, вила и други облаги, посочени в Постановлението. Към това да прибавим, че през 1943 г. му е присъдена степенята „кандидат на науките”, без защита на дисертация. Всичко това му дава право на спокоен живот. Но Г.Н. е неукротим. Той се залавя с нови предизвикателства.

Светлоносните и плодоносни науки на Г. Н. Фльоров

Тези термини, използвани през XVIII век от френските енциклопедисти, бяха възкресени от Г. Н. в негово обръщение към участниците в IV-ото съвещание по използването на ядрено-физичните методи. Уместно е да разгледаме най-основните



*Г. Н. Фльоров допълва
Периодичната система на елементите*

списание е публикувало многократно материали.)

В САЩ работата по синтеза на трансурановите елементи е започнала още през 1940 г. До 1960 г. от групата в Беркли, ръководена от Г. Сиборг, има заявки за откритането на елементите до номер 103. Именно по това време на „пистата“ излиза екипът на Г. Н. Естествено е дубненци да насочат усилията си за получаване на 104-ия елемент.

През 1964 г. от Дубна съобщават за откриването на 104 елемент и го кръщават „Курчатовий“. Добила самочувствие, групата на Г. Н. решава да препотвърди последните открития на американските колеги. Но вместо това получава нови резултати и опровергава тези от Беркли. Междувременно в Дубна е получен и 105-ият елемент. Отговорът на американците не закъснява – резултатите на руснаците са погрешни.

По-нататък събитията се развиват като на спортно състезание, с тази разлика, че липсва арбитър. Всяка от групите защитава своите резултати, а взаимното им отричане напомня на ситуациите, наблюдавани на футболните стадиони. През 80-те години атмосферата още повече се нажежава, защото в научното съперничество се включва и група, работеща в Дармщадт.

„Точка“ в научния спор поставя в края на 1991 г. (една година след смъртта на Г. Н.) международна комисия, назначена от IUPAC. Ще приведа в съкратен вид нейните решения [8]:

Елемент № 102 е откритие на Дубна.

Елемент № 103 – „Честта за откриването му принадлежи едновременно на Беркли и на Дубна.“

Елемент № 104 – „Честта за откриването трябва да бъде поделена между двете групи: Дубна и Бъркли.“

следвоенни научни приноси на Г. Н. в духа на тази класификация.

Голямото откритие на Г. Н., което разгледахме в началото на статията, е новият вид радиоактивност – спонтанното делене на ядрата. Това е достатъчно неговото име да влезе завинаги в Историята на физиката. Освен това той е автор на още 10 открития, регистрирани в Държавния регистър на СССР. Някои от тях са довели до развитие на нови научни направления, които интензивно се разработват в най-големите ядрени центрове. Ще споменем накратко за едно от тях, успешно развивано от ЛЯР – синтезирането на свръхтежките елементи. (По този въпрос нашето

Елемент № 105 – „Честта за откриването трябва да бъде поделена между двете групи на Дубна и Бъркли.”

Елемент № 106. „През 1974 г. практически едновременно са изпратени съобщения за откриването му от Беркли и Дубна. Дубненската работа е от голямо значение за по-нататъшните изследвания, но убедително доказателство за получаването на елемента е направено в работата на Беркли.”

Елемент № 108. Образуването на този елемент е установено в независими и едновременно (1984 г.) работи, проведени в Дармщадт и Дубна.”

Както се вижда, приносите и, в много случаи, приоритетите на Дубна и на ръководителя на дубненската група Г. Н. са доказани от авторитетна комисия. Нека отбележим, че за да влезе в историята на химията, е достатъчно откриването само на един нов елемент. Определено може да се твърди, че със своите открития Г. Н. е влязъл завинаги в историята на физиката и химията. Нещо повече, за своите открития той заслужаваше Нобеловата награда. Тази награда е била присъдена на всички учени, записали имената си при откриването на нови видове радиоактивности (Бекерел, Кюри, Ръдърфорд) и при получаване на нови елементи (Макмилан, Сиборг). Мисля, че основната причина Г. Н. да не получи Нобеловата награда е дързостта му да опонира на западните си съперници в обявените от тях открития. Доказателство за тези разсъждения е решението на IUPAC да нарече 114-ия елемент „Фльоровий”.

Наред със светлоносните (фундаменталните) изследвания, Г. Н. отделя много внимание на плодоносните – практическото приложение на ядрените методи. Той е един от инициаторите за развитието в Съветския съюз на ядрените методи при търсенето на нефт и най-рационалната разработка на нефтени находища. В продължение на много години в московския институт за нефт под негово ръководство са провеждани работи, в резултат на които геолозите са получили първокласна апаратура за неутронен и гама-каротаж. Г. Н. е автор на оригинален метод за неутронен каротаж.

По-късно, като директор на ЛЯР, Г. Н. отделя непрекъснато внимание и на практическите разработки. Под негово ръководство са разработени редица задачи с приложен характер: създаване на полиядрени мембрани за крайно почистване на течности и газообразни среди, получаване на краткоживущи радионуклиди за биологически изследвания и медицинска диагностика, радиационно материалознание и др. Създаваните в ЛЯР трекови мембрани намериха приложение в електронната промишленост и бяха използвани при ликвидацията на последствията от аварията в Чернобилската АЕЦ.

Г.Н. – носител на „не-научни звания”

„Не всичко от онова, което не е наука, е обезателно лошо.

Любовта, например, също не е наука”

Ричард Файнман

Необичайното подзаглавие е заимствано от шегата, с която колективът на списание „Химия и живот” са поздравили Г. Н. на неговата 60-годишнина (1973 г.) и са му връчили почетна диплома за присвояване на „не-научна степен кандидат на публи-



цистичните науки за умелата работа с пресата и други непозволени волности” [9].

Зад шеговития тон на поздравлението се съдържа истинска признателност на списанието не само за постоянното сътрудничество на академика, но и за заслугите му в неговото спасяване. Имало е период, в който могъщи авторитети (секретарят на ЦК Черненко, двама вицепрезиденти на Академията) искали да закрият списанието. Докато повечето колеги-журналисти и писатели „вдигали рамене” безпомощно, Г. Н. гръмко заявил на страниците на ежеседмичника „Неделя”: „Смятам за чест моето многогодишно сътрудничество с това списание.”

Това не е единствената „спасителна акция”, организирана от Г. Н. в областта на културата. Немалка е неговата роля в създаването, утвърждаването, а по-късно и в спасяването на знаменития „Театър на Таганка”. Заслужава да се разкаже по-подробно за това.

През 1964 г. в живота на театрална Москва се случва необичайно събитие – създаден е новаторски театър с магнетичното название „Таганка” (официално „Московски театър за драма и комедия”). Колективът на театъра се ражда една година преди това в студентски курс, възпитаници на висшето училище „Шчукин” към театър „Вахтангов”. Режисьорът Ю. Любимов подбира група талантиливи третокурсници (не от IV курс както е по учебен план), с които поставя пиесата на Б. Брехт „Добрият човек от Сечуан”.

Спектакълът е посрещнат добре от специалистите и особено възторжено от московската публика, която жадува за новаторски подход в изкуството. Предстои обаче през следващата година групата да се разпръсне из страната, заради задължителното разпределение след дипломирането. (Така беше и при нас.) Писателят К. Симонов, актьорът Б. Бабочкин и други интелектуалци правят постъпки групата да се запази, но това не е лесно, тъй като противоречи на законите на висшето образование.

Г. Н., който е един от първите зрители на спектакъла, започва да събира подписи в защита на групата на Любимов. Подписват се знаменитости като П. Л. Капица, Д. И. Блохинцев (тогава директор на ОИЯИ), Б. Понтекорво (италиански физик, работещ в Дубна) и др. Дубненските физици изпращат до Министерството на културата писмо, в което предлагат ако в столицата не е възможно да се открие нов театър, в Дубна да бъде създаден Областен театър за драма и поезия. В неговия състав да влязат Любимов и неговите възпитаници. Вероятно писмото е оказало някакво въздействие, защото Московският съвет взема решение да предостави на прочулата се вече група една сграда на площад „Таганка”.

Възможно е някой да каже: „Какво толкова са направили Г. Н. и неговите колеги?” За да се оцени тази постъпка трябва да си припомним, че през онези години (1963-64 г.) официалната политика още не поощряваше подобни интелектуални своеволия.

Генералният секретар на съветската компартия Н. С. Хрущов неведнъж размахваше пръст към съюзите, обединяващи писатели, художници, артисти – за отклонения от „правилната линия”. И не само изкуството беше подложено на натиск. На 11.07.1964 г. Н. С. Хрущов произнася знаменитите думи: „Мы разгоним к чертовой матери академию наук!” („Ще пратим по дяволите академията на науките”). Това е история, но дори в нашето недалечно минало подобно отношение към БАН демонстрира българското правителство.

Към историята на „театъра на Таганка” ще прибавя още един любопитен детайл, свързан с физиката, с Дубна. В новосъздадения театър освен младите випускници, като изключение е включен станалият по-късно легендарен актьор Владимир Висоцки. Той е завършил престижния театрален институт към МХАТ (1960 г.), но през първите три-четири години не е забелязан от специалистите – изпълнявал е второстепенни роли. Може в известна степен да се смята, че за неговото „откриване” заслуга има и дубненската културна общественост.

Още през 60-те години гр. Дубна си е извоювал име не само като град на науката, но и на модерното изкуство. Поради интернационалния състав на ОИЯИ, западната култура навлиза по-свободно в града. Там се прожектират филми, организират се изложби и концерти, несвойствени за социалистическия реализъм.

През пролетта на 1963 г. по покана на учените от Дубна, в града е организирана вечер на младите поети и изложба на авангардни художници. От Москва пристига голяма компания от поети, артисти и художници. Сред тях е и Висоцки, който в този гастрол прави пръв опит да пее и свири пред публика. Според неговите приятели, именно в Дубна Висоцки е „завоювал може би първия най-голям успех сред своите големи успехи” [10].

(Ще си позволя едно голямо отклонение като бивш гражданин на Дубна, свързано с „театъра на Таганка”. Имах удоволствието да посетя няколко пъти негови спектакли. За пръв път това стана през 1966 г. благодарение на уважавания от мен проф. Т. Русков. С него участвахме във Всесъюзна конференция по ефект на Мьосбауер и бяхме настанени в един хотел. Предишната година той ме бе приел в неговата група и ме приобщи към мьосбауеровата тематика. По време на конференцията ме приобщи и към изкуството на „Таганка”.

Една вечер отидохме заедно до театъра. Положението изглеждаше безнадеждно – огромна тълпа беше изпълнила площада в търсене на „излишни билети”. Но Т. Русков, живял немалко в Съюза, знаеше магически думи, с които се отваряха вратите на съветските културни крепости. Наредихме се на опашката пред касата. Могъща и по тяло, и по власт касиерка изслушваше обясненията на всеки и преценяваше кой заслужава билет. Тодор й каза, че сме от България, попаднали за няколко дни на научна конференция и сломи съпротивата на снажната Мелпомена.

Попаднахме точно на „Добрият човек от Сечуан”, където Висоцки изпълняваше главната роля. Така за пръв път изпитах магическото действие на изкуството на Любимов, Висоцки и цялата труппа. През следващите години използвах „паролата”, научена от Т. Русков и успях да посетя безпрепятствено много културни паметници,

в това число още два спектакъла на „Таганка” – „Десет дни, които разтърсиха света” и „Паднали и живи”).

Заслугите на Г. Н. са били оценени от ръководството на театъра и той е избран за член на Художествения съвет. Академикът не е участвал формално в работата на Съвета, стараел се е искрено да помага със свои оценки и съображения. Спомени за неговото участие споделя народната артистка на СССР Алла Демидова: *„Помня негови изказвания на съвета. Понякога ни се струваше, че той говори не това, което е важно за нас, актьорите. После обаче се оказваше, че отбелязаните от него подробности, в действителност значат много за театъра, за светоусещането, понякога и за твоята конкретна роля. Той винаги изтъкваше нещо неочаквано”* [9].

Симпатиите и уважението между Г. Н. и „Таганка” са били взаимни. В отношението им е съществувал известен паритет. Академикът е поканил актьорите на посещение в Дубна, където ролите били различни – там те били зрители. Той лично ги е развеждал из лабораториите и ускорителните зали и се проявил като блестящ екскурзовод. С разказите си накарал актьорите да затаят дъх – нещо, което те постигали със своята публика. Алла Демидова, вдъхновена от академика, го помолила за автограф – по нейно признание това бил единствен случай в живота ѝ.

А Володя Висоцки след посещението в Дубна написва „Марш на физиците”, в който вмъква един от големите проблеми на съвременната физика – залавянето на неутриното и ролята в този „лов” на легендарния дубненски физик Б. Понтекорво:

*„Не поймаеш нейтрино за бороду
И не посадиш в пробирку.
Было бы здорово, чтоб Понтекорво,
Взял его крепче за шкирку.”*

През 80-те години „Театъра на Таганка” преживява сериозна криза. През лятото на 1980 г. почива В. Висоцки – за ужас на управляващите точно по време на Московската олимпиада. Опитват се да разпръснат огромното множество, събрало се на погребението, което ги посреща с викове „фашисти”. Ю. Любимов вече е „набелязан”. На всичкото отгоре той дава интервю пред западни журналисти, в което критикува културната политика на СССР. Затова правителството го уволнява от театъра и отнема съветското му гражданство. Обстановката в театъра се нагнетява, голяма част от талантливите актьори напускат трупата.

С настъпването на „перестройката” се правят опити за възстановяване на театъра. Събират се подписи до Върховния съвет за връщане на съветското гражданство на Ю. Любимов. Своя подпис под искането поставя и акад. Фльоров. През май 1989 г. прославеният режисьор отново получава съветско гражданство и Москва го посреща като победител.

Изключително остроумно заслугите на Г. Н. към „Театъра на Таганка” са посочени в поздравлението за неговата 60-годишнина. Един от актьорите – Вениамин Смехов – прочита „Заповед до армията на изкуствата”, в която се нарежда: „Занапред цялата околотаганска флора да се нарича само Фльора!”

Освен многобройни награди и отличия, Г. Н. е притежавал и някои прякори, един от които ярко отразява неговия характер –

„Неуправляема реакция”

Това прозвище е интересно като своеобразен антоним на неговата полувековна дейност по „управление” на ядрените реакции – с неутрони, гама-кванти, тежки йони и др. То е свързано с неудържимия му характер, с неговата дързост и упоритост. („На млади години ме наричаха упорит, а сега – настойчив”, смееше се академикът). Вече посочихме доста примери за това: и „бунта” му срещу академичните авторитети по време на войната, и неуставното му държане, предизвикателствата към американските колеги, склонността да си „пъха носа” в полето на изкуството и т.н. Дали е минавал границите на нормалните отношения?

Не желая да описвам „моя герой” като някакъв „Свети Георги”, който смело се е борил със злите сили. Не желая да приличам на повечето агиографи, които описват големите личности само в розов цвят. Най-общо казано Г. Н. е бил нестандартна личност с нетривиално мислене и с хазартен характер. В много голяма степен за развитието на тези качества са изиграли роля многото и високите награди, с които е бил обсипван. На 35 години той е притежавал всевъзможни отличия и привилегии. Това естествено го е поразглезило, но в много случаи е помагало за решаване на проблемите. В Дубна работиха няколко такива директори на лаборатории – освен Г. Н. Флъоров (ЛЯР), Д. И. Блохинцев (ЛТФ), М. Г. Мещяраков (ЛВТА). Те са били участници в създаването на „атомния щит” на съветската държава. Това им е давало самочувствие (и правото) „да отварят вратите на министерските кабинети с крак”. (Мечтая БАН да има председател, който така да отваря вратата на премиера!)

Сред легендите за Г. Н. има една, която е пример за хазартния му характер, както и за ужасно нарушение на правилата за безопасност, оправдано само от условията на войната. Това се случва по времето, когато трябвало експериментално да се определи „критичната маса” на урана (масата, при която верижната реакция на делене предизвиква взрив). Със собствените си ръце Г. Н. е събирал блокче по блокче ураново „гориво”. Опасният опит е правен в коридора на институтското здание. Г. Н. е работил в единия му край, а в другия – противоположния, са дежурили негови колеги и са наблюдавали с бинокъл експеримента. Те са седели близо до прозорците, за да могат да скочат в случай на авария. До експериментатора е имало кофа с разтвор на кадмиева сол и неутронен брояч за следене на броя на неутроните. Това е пример за сполучливо и „ръчно” управление на верижната реакция на делене.

(Подобни опити, провеждани в Лос Аламос, описва Р. Юнг в книгата „Ярче тысячи солнц”. Критичната маса за първата атомна бомба е била определена от един физик – Луис Слотин. През 1946 г. той провежда същия експеримент, свързан вече с подготовката на втория изпитателен взрив на атомна бомба – във водите на атола Бикини. За момент двете уранови полукълба се приближили опасно близо, с което предизвикали интензивна верижна реакция. Слотин не побягнал, а с „голи

ръце” изхвърлил двете парчета в противоположни посоки. След девет дена починал в ужасна агония.)

При контактите си със сътрудниците на Г. Н. съм ги провокирал да споделят някои по-интересни случаи на негови действия. Не беше много лесно, защото те държаха на неговия авторитет. Все пак на една приятна вечеря в ресторант „Дубна” Ю. Е. Пенионжкевич, работил 25 години с „неуправляемия” академик, ми разказа за случай от преддубненския период на Г. Н. (т.е. за 40-годишния Фльоров).

Веднъж Г. Н. докладвал на семинар в Института по атомна енергия. С известно закъснение в залата влязъл негов колега, също с репутация на учен („голям доктор”) и със самочувствие на привилегирован. Още чул-недочул за какво говори докладчикът, започнал да задава въпроси. Г. Н. отговорил, че тези неща са били вече обяснени. Опонентът му обаче продължил да го провокира с многократни прекъсвания. В един момент явно Г. Н. преминал в „надкритично състояние”, слязъл от подиума, хванал доктора на науките за яката и го изхвърлил от залата. Не всеки може да си позволи такъв начин на „дискусия”.

Изглежда Г. Н. не бил свикнал да му се противоречи. Слушал съм, че много негови сътрудници, които се опитали да правят това, са били премествани на друга работа. Такъв е скандалът с известния дубненски учен С. И. Поликанов, прехвърлен в ЛЯП, а след това принуден да емигрира. Друг случай е с един от партньорите му в Лаборатория № 2, уважаваният от нас Ю. С. Замятнин, който беше преместен в ЛНФ.

Това не означава, че Г. Н. се е заобиколил с подмазвачи и послушни личности. Напротив, той е търсил неординарни личности, с нетривиално мислене и със силно желание за работа. Много пъти сме разговаряли с Ю. Ц. Оганесян – най-добрия ученик и приемник в работата на Г. Н. Той ми е споделял свои спомени от първата си среща с него, когато е кандидатствал за работа в неговата лаборатория: „Той не ми зададе нито един въпрос по физика, а се интересува какво спортувам и от какво се увличам.” На пръв поглед това е повърхностно отношение. Но нали сведения от научната подготовка на кандидата могат да се вземат от университета, от познати преподаватели. А ние правим конкурси, заставаме кандидатите да се подготвят с месеци за изпити и т.н.

Самият Г.Н. е обичал спорта, особено плуването. Неслучайно при откриването на плувния басейн „Архимед” в Дубна той е получил привилегията да се гмурне пръв във водата. Известно ми е още, че е бил колекционер – събирал книги, минерали и грамофонни плочи със записи на църковни хорове. За разлика от другите колекционери, обичал да раздава своите експонати. Минералната сбирка, която ми подари при посещението си в Пловдив, може да е била част от колекцията му. (Преди няколко месеца аз с удоволствие я преподарих на внучката си.)

Г. Н. с лекота пренебрегваше установените от съветската власт правила, осъзнавайки тяхната бюрократична същност. Всеки не можеше да си позволи такова поведение. През септември 1986 г. бях в Москва за участие в съвещание по линия на СИВ. Реших да отскоча за един ден до Дубна. Обадох се по телефона на мой колега от катедрата с

молба да ми уреди пропуск за ОИЯИ, за да не губя време за тази процедура. На другия ден заминах с предиобедния влак.

На дубненската гара ме чакаше колегата с нареждането на местната администрация веднага да се връщам в Москва, тъй като съм нямал разрешение за това посещение. Вярно, Дубна беше „закрит град”, но аз мислех, че за мен – работил и ежегодно командирован в него, забраната не важи. Слава Богу, милицията е разчитала на моята дисциплина и не взе участие в екстрадирането ми. А аз лекомислено, без да мисля за последствията, останах в града няколко часа, вън от територията на Института. Обадих се на Г. Н. и си уредихме среща в ресторанта. Той никак не се уплаши от забраната, само се засмя по отношение поведението на властта. Така стана съучастник в моето неподчинение на съветските закони. На него му харесваше да приема предизвикателства.

Давам си сметка, че не съм в състояние да опиша пълно тази богата творческа личност, този многовалентен човек. За него могат да се напишат цели книги – и научни, и художествени. А за мен беше действително чест да се запозная и да се приближа на някакво „критично” разстояние до него, да добия представа за един от големите физици на XX век и донякъде да го използвам за развитието на нашата пловдивска катедра. Благодарение на това сега можем да говорим за съществуването на

„Пловдивска фльора”

През пролетта на 1978 г. акад. Фльоров посети гр. Пловдив в състава на малка делегация от съветския Комитет за атомна енергия. На мене ми беше възложена организацията по посрещането и програмата на гостите. Гвоздеят на програмата беше лекцията, която Г. Н. изнесе пред колегите и студентите. За мен беше удоволствие да бъда плътно до него през целия ден, да разговаряме, най-вече да го слушам и опознавам. Така започна нашето сближаване, което продължи до смъртта му през 1990 г.

Г. Н. ме покани да го посетя в Дубна при първа възможност. За мен това не представляваше проблем, защото катедрата ми поддържаше активно сътрудничество с ОИЯИ (с Лабораторията по неутронна физика) и имах по две-три командировки годишно. След няколко месеца, отзовавайки се на поканата, посетих академика в директорския кабинет на ЛЯР. През следващите години имах десетки такива гостувания, но не мога да забравя първото си посещение.

След началния разговор, съпроводен с обичайното „чаепитие”, Г. Н. ме поведе из Лабораторията. Въпреки че



На семинар в Пловдив

ползваше бастун, той не си служеше с него толкова за опора, колкото да го размахва и отваря с него вратите на кабинетите. По коридорите срещаме негови сътрудници. Те се спираха и почтително го поздравяваха. А той в движение подхвърляше на всеки по някаква реплика – ту закачка, ту въпрос, ту напомняше за нещо, което трябва да свършат. Веднага се виждаше, че не само познава персонала, но знае и кой с какво се занимава.

И дотогава, и след това съм посещавал много институти и университети. Не съм срещал друг директор, който лично да съпровожда гостите си и нещо да им разказва за дейността на всяко звено. Г. Н. шестваше в Лабораторията не като директор, а по-скоро като стопанин, който добре знае какво се прави във всяко нейно кътче. По-късно узнах, че това, което направи с мен, е негов стил – вместо да привиква хората в кабинета си и да слуша обясненията им, той ги посещава (и то без предупреждение) и на място се осведомява за тяхната работа.

Големите ускорители, с рекордните интензитети и с уникалните физически резултати, бяха гордостта на Г. Н. Но като истински стратег той знаеше, че ядрената физика се нуждае не само от тежка артилерия, а и от малокалибрени съоръжения. Такава установка беше ускорителят тип „Микротрон“, който осигуряваше интензивни снопове от ускорени електрони, а те на свой ред „произвеждаха“ неутрони и високоенергетични гама-кванти. За илюстрация на неговите възможности, Г.Н. предложи да занеса в ЛЯР някои образци, представляващи интерес за пловдивския регион, за да се извърши анализ на състава им. Така и направихме.

Академикът беше инициатор за провеждане в Дубна на съвещания по приложения на ядрени методи в народното стопанство. Идеята много ми допадна и през 1981 г. организирах в Пловдив подобен симпозиум. Планирах провеждането на втори симпозиум през есента на 1983 г. и поканих Г.Н. да участва в него.

Вторият симпозиум по приложение на ядрените методи в промишлеността се проведе на 28 и 29 октомври 1983 г. На него докладвах резултатите от съвместните със сътрудниците на ЛЯР изследвания на образци от Пловдив – оловно-цинкови концентрати и рудни находища от КЦМ, зърнени култури – от ВСИ и др. Тези изследвания поставиха начало на съвместната ни работа с ЛЯР.

Г. Н. пристигна на 27 октомври. Организирахме срещи с колеги, със студенти, с ученици от Пловдивската ученическа академия, с ректорското ръководство и с ръководството на окръга. На срещата си с първия секретар на окръга, Иван Панев, гостът предложи в Пловдив да бъде построена ядрена лаборатория, оборудвана с микротрон. През следващите години това се превърна в основна задача за нашата катедра.

Като домакин на мероприятиято имах възможност още повече да се сближа с почетния гост. На официалната вечеря аз седях до него и се наслаждавах на остроумието и коментарите му. Както вече споменах, подари ми една сбирка от минерали и ме ориентира в тяхното „предназначение“. Когато ми показа „змеевика“ (серпентин), каза: „Николай, пазете се от змиите. Вие сте инициативен човек и те вечно ще пълзят около вас!“ (Признавам си, не успях да се опазя.)

Друга реплика беше предизвикана от поведението на една от софийските участнички в симпозиума. Тя беше директор на ведомствен столичен институт и демонстрираше високо самочувствие и превъзходство над останалите. „Тази дама никога няма да взема за свой заместник” – прошепна Г. Н. Запомнил съм това, защото ми е направило впечатление, че някои ръководители подбират заместниците си по приказките и по външните изяви. Г. Н. имаше око на административен лъв.

Сутринта на 29 октомври Г. Н. отпътува за Троянския манастир. На този ден патриарх Максим имаше рожден ден и Цветан Вълов беше организиран посещение при него. Не мога да си простя лекомислието, с което отказах да се включа в състава на групата. В колата имаше свободно място и Цветан ме покани. Оправданието ми беше, че трябва да довърша работата по симпозиума, но изпуснах големия шанс – да се запозная с главата на българската църква и да стана свидетел на среща между две знаменитости. (И тук ще спомена една любопитна подробност. На следващата ни среща в Дубна, Г. Н. с възторг разказваше за впечатленията си от патриарха и от манастира. Много му беше харесала желязната врата на Троянската обител и сериозно препоръча да монтираме такава врата пред бъдещата ускорителна зала.)

По времето на тези събития – началото на 80-те години, нашата катедра имаше активно сътрудничество с ЛНФ. С. Маринова стана главният „посланик” на катедрата, като поддържаше постоянна връзка с Г. Н. („Колко чай сме изпили с него” – спомня си тя за онези години). През 1984 г. командироврахме в ОИЯИ физика Христо Христов (сега доцент и ръководител на катедрата) със задача да усвои методиките за работа с микротрона. Благодарение на дружелюбното отношение на колегите от ЛЯР и лично от Г. Н., той сравнително бързо навлезе в тематиката. В началото на 1985 г. С. Маринова защити дисертация по изследване на алфа-частици, изпускани от високовъзбудени ядра под действието на неутрони. На защитата Г. Н. предлага подобни изследвания да се проведат и с ядра, възбудени с помощта на високоенергетични гама-кванти, получавани с микротрона. Тази идея след това се превърна в основна тема за изследванията на Х. Христов, по която той защити дисертация.

Започна сериозна подготовка за материалното и кадрово осигуряване на лабораторията „Микротрон”. ЛЯР се задължи да ни изработи ускорителната камера, а ние – да осигурим останалите блокове към нея – пулта, високоволтовото хранване, СВЧ-системата и др. С тази задача командироврахме за по три месеца четирима колеги от катедрата, двама инженери от Елпром, Пловдив и началника на университетската работилница. Освен това изпратихме колега на докторантура, свързана с микротрона, изработен в Института по физически проблеми в Москва и още четирима студенти като дипломанти в ЛЯР.

Преди това в Дубна бяха командировани двама архитекти, за да се запознаят с особеностите на съоръжението и подготвят проект за бъдещата сграда с ускорителя. След изготвянето на проекта, което продължи девет месеца, той трябваше да се съгласува с редица инстанции, което продължи почти още толкова време. През следващите години се случиха непредвидени и неприятни неща – земетресение в Западните Родо-

пи и аварията в Чернобилската АЕЦ. Това наложи още на два пъти да се преработва проектът, с цел повишаване на сеизмичната устойчивост на обекта и радиационната безопасност около него. Така се забави и без това мудно осъществяваното строителство.

През това време връзките с Г. Н. и ЛЯР не прекъсваха. Академикът беше доволен от нашата работа. Той хареса проекта на сградата и поиска разрешение да го предложи и на други партньори. Харесаха му и нашите „момчета”. Даваше високи оценки за работата на Х. Христов, а по-късно и на младите студенти А. Тончев и Ф. Кондев, които продължиха работата си в ЛЯР (сега те са професори в американски университети). Беше се впечатлил от ентузиазма на колегата А. Сренц („Очите му горят. С такъв човек може добре да се работи!”). С една дума, добре се представихме като партньори. Макар и бавно, строителството на сградата за микротрона започна. През лятото на 1989 г. бяха излети нейните основи.

Събитията в края на годината и последвалите значими политически и икономически промени, наложиха спиране на строителството. Известно време все още имаше надежда, че започнатото ще продължи. През 1993 г. проведохме симпозиум с работно заглавие „Микротрон”. Присъстваха специалисти от Дубна, Варшава и Букурещ. След няколко години (1996 г.) организирахме още един подобен симпозиум. Но надеждите затихваха заедно с икономиката на страната ни. Земята, върху която бяха положени основите на лабораторията, беше реституирана. Това беше време на антиядрено отношение от страна на управляващите – беше закрит и изследователският реактор ИРТ-2000 в Ядрения институт, преустановени бяха и други проекти, свързани с ядрени съоръжения.

Една голяма наша мечта остана неосъществена. Но все пак сътрудничеството с ЛЯР и с неговия директор акад. Фльоров беше от голяма полза за нас, пловдивските физици. По тематиката на микротрона бяха защитени десетина дипломни работи и пет дисертации. Изследвахме реакцията „гама-алфа” при десетки атомни ядра, изучихме изомерните състояния на още дузина ядра, а резултатите бяха публикувани в реномирани научни списания.

Сътрудничеството с ЛЯР беше една великолепна школа за професионалното развитие на катедрата в Пловдив. Най-големи заслуги за това имаше академик Фльоров.

Послеслов

Може би трябва да обясня смисъла на заглавието, тъй като на някого може да се стори неуместно сравняването и съчетаването на военни и научни звания. Известно е, че преди около 300 години император Петър I е замислил създаването в Петербург на Академия на науките с университет към нея. По-малко известен факт е, че в разработената от него „Таблица на ранговете” академиците и професорите имали еднакъв статут с маршалите в руската армия. Големият държавник е виждал ролята на водещите учени, сравнима с тази, която армейските командири изпълняват в служба на държавата.

Имам впечатление, че такова отношение към големите учени в Русия се запази дори до първите десетилетия на миналия век. В известен смисъл това важеше и за нашата

страна. Лично аз, професор от 1984 г., не мога да се жалвам от липса на внимание, по-малко от оказваното към генералите (поради липса на маршали у нас) – заемал съм най-високи длъжности в университета и достатъчно високи в управленски звена в държавата.

През последните години обаче, благодарение на министър Игнатов, това съответствие беше силно нарушено и загуби смисъл, защото сега броят на професорите в България е по-голям от този на лейтенантите в армията.

Георги Николаевич Фльоров беше един от най-големите учени на XX век и напълно заслужава, в духа на „Петровото време“, да се смята за маршал в науката. Може би затова погребението му беше извършено в Новодевичевския манастир с военни почести.

Литература

1. Балабанов, Н. Човешкото лице на физиката. УИ „Паисий Хилендарски“, Пловдив, 1999
2. Балабанов, Н. Светила на физиката. УИ „Паисий Хилендарски“, Пловдив, 2000
3. Балабанов, Н. Пътища и спирки, срещи и преживявания. УИ „Паисий Хилендарски“, Пловдив, 2007
4. Бор, Н. Избранные научные труды, т. II. Изд. Наука, Москва, ..., с.299
5. Смирнов, Ю.Н. Вопросы истории естеств.и техники. 1996, № 21 с.100
6. Кафтанов, С.В. Химия и жизнь, 1985, № 3, с.6
7. Попиц, Р. Атомният кошмар. Изд. ЛОДОС, София, 2005
8. Станцо, В. Химия и жизнь, 1992, № 4, с.21
9. Станцо, В. Химия и жизнь, 1991, № 6, с.34
10. Георгиев, Л. Владимир Висоцки, ДИ Наука и изкуство, София, 1986

**Посетете нашия сайт
WOR.COINTECH.NET**

**На него можете да откриете всички списания на
СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА от 1991 г. досега**

ЩЕРН И ГЕРЛАХ: КАК ЕДНА ЛОША ПУРА ПОМОГНА ЗА ПРЕОРИЕНТАЦИЯ НА АТОМНАТА ФИЗИКА

Бретислав Фридрих и Дъдли Хершбах

Доказателството за съществуване на пространствено квантуване, проведено през 1922 г. във Франкфурт, Германия, от Ото Щерн и Валтер Герлах, се нарежда сред дузината основополагащи експерименти, с които започва легендарната ера на квантовата физика. Може би никой друг експеримент не е толкова често споменаван във връзка с елегантната си идейна простота. От него се откриват не само нови интелектуални хоризонти, но и много полезни приложения на квантовата физика. Но за някои особености в историята на това откритие, усилващи драматичността на събитията, знаят много малко хора, даже сред атомните физици, а те са и поучителни. Някои от тези особености са например едно топло легло, една лоша пура, една навреме изпратена пощенска картичка, стачка на железничарите и неочакваната конспирация на сп. „Nature“, което награждава Щерн и Герлах. Успехът им да разцепят сноп от сребърни атоми чрез магнитно поле разтърсва и въодушевява, но и смущава пионерите в квантовата теория, включително някои от тях, които дотогава са смятали, че да се търси опитно наблюдаване на пространственото квантуване е наивно и глупаво.

Много са хората, които продължават по пътя, трасиран от експеримента на Щерн и Герлах (ЕЩ-Г) и неговата основна идея за сортиране на квантовите състояния чрез пространствено квантуване. Тук могат да се изброят прототипи на ядрения магнитен резонанс, оптичното напомпване, лазера, атомните часовници, както и такива ярки открития като Лембовото отместване и аномално високият магнитен момент на електрона, заради което започва разработката на квантовата електродинамика. Методите за изследване на ядрата, протеините и галактиките; изображения на човешкото тяло и мозъка; съвременната очна хирургия; четенето на музика или текстове от компактни дискове; сканирането на баркодовете на стоки в бакалницата или основаните на ДНК двойки в човешкия геном – всичко това се основава на преходите между отделните квантови състояния, на които се разцепват нивата при пространствено квантуване.

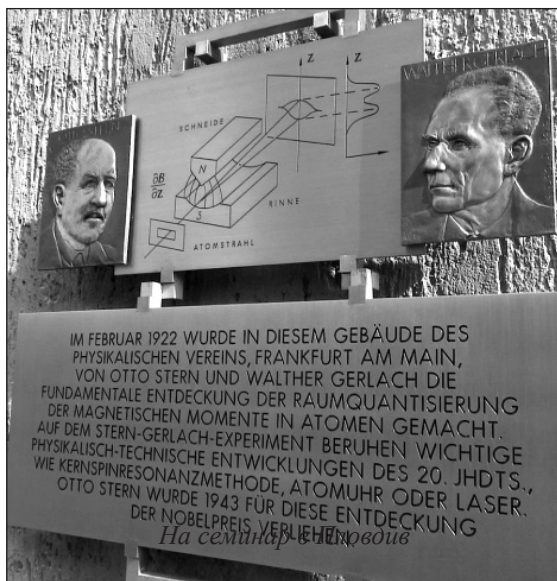
Новият център по експериментална физика към университета във Франкфурт неотдавна беше наименуван в чест на Щерн и Герлах (вж. фиг. 1). Възможността да вземем участие в тази церемония ни подтикна да пресъздадем историята с пурата, както тя е била разказана на единия от нас (Хершбах), от самия Щерн преди повече от 40 години. Тук ние очертаваме накратко пътя, изминат от Щерн и Герлах, и объркването във физиката по онова време, което ги е накарало да работят заедно във Франкфурт. Описваме и обратите в приемането на резултатите от ЕЩ-Г, преди и след откриването на спина на електрона, и разказваме как пушекът от пура ни доведе до този детектор с

отлагане на реагент от типа „назад-към-бъдещето“¹. Чрез мемориалната плоча във Франкфурт, представяща Щерн и Герлах от двете страни на разцепения от тях молекулен сноп, бихме искали да приканим читателите да се замислят за по-късната съдба на тези двама отлични учени – тласнати в противоположни посоки от трагичното идване на власт на Адолф Хитлер.

От осмотичната сода до атомните снопове

Ото Щерн получава докторска степен по физикохимия в Университета на Вроцлав през 1912 г. В дисертацията си той представя теория и експерименти върху осмотичното налягане на концентрирани разтвори на въглероден двуокис в различни разтворители – по-конкретно става дума за газирания вода. Родителите му са горди с неговия успех и му предлагат подкрепата си за провеждане на пост-докторско изследване, където той би пожелал. „Мотивиран от приключенски дух“, Щерн става първият ученик на Алберт Айнщайн, работещ тогава в Прага; техните дискусии се провеждат “в едно кафене в близост до публичен дом.”² Скоро след това Айнщайн е поканен да се върне в Цюрих. Щерн го придружава и там е назначен за *частен доцент* по физикохимия.

Под влияние на Айнщайн Щерн се интересува от светлинните кванти, естеството на атомите, магнетизма и статистическата физика. Щерн е шокиран от противоречията в атомния модел на Нилс Бор. Малко след появата на този модел в средата на 1913 г., Щерн и колегата му Макс фон Лауе сериозно се заклеват: „Ако тази глупост на Бор в края на краищата се окаже правилна, ще се откажем от физиката!“³ Когато през 1914 г. Айнщайн се премества в Берлин, Щерн става *частен доцент* по теоретична физика във Франкфурт. Скоро след това започва Първата световна война, но дори и по време на



Фиг. 1. Паметна плоча за Ото Щерн и Валтер Герлах, поставена през февруари 2002 г. до входа на сградата във Франкфурт на Майн, Германия, където те провеждат историческия експеримент. Надписът гласи: “През февруари 1922 година... беше направено фундаменталното откритие за пространството квантуване на магнитните моменти на атома. Експериментът на Щерн-Герлах е в основата на важни научни и технологични разработки през 20-и век, като ядрения магнитен резонанс, атомните часовници, или лазерите... “. Новият център Щерн-Герлах по експериментална физика в Университета на Франкфурт се изгражда на около 8 км северно от първоначалната лаборатория. (Снимката е предоставена от Хорст Шмид-Бокинг.)



Фиг. 2. Ото Щерн (1888-1969) с пура в ръка работи в своята лаборатория по молекулни снопове в Института по физикохимия в Хамбург, около 1930 г. (Снимката е предоставена от Петер Тошек.)

службата си в германската армия Щерн успява да направи значителни работи, включително и един макар и неуспешен, но прозорлив експеримент за разделяне чрез дифузия на предполагаемия изотоп на водорода с маса две.

След войната Щерн се връща във Франкфурт и става асистент на Макс Борн в Института по теоретична физика. Там започва одисеята на Щерн с молекулните снопове (вж. фиг. 2). Но още през 1911 г. той работи с Луи Дюнойе, с който провеждат прости експерименти с молекулни снопове. Те показват, че „молекулните лъчи“ на натрий, получени чрез изпарение във вакуум, се движат праволинейно. Щерн е запленил

от „простотата и непосредствеността“ на този метод, който „ни дава възможност да правим измервания на изолирани неутрални атоми или молекули с макроскопски средства... [и следователно] е особено ценен за тестване и пряко доказателство на основните предположения на теорията“⁴.

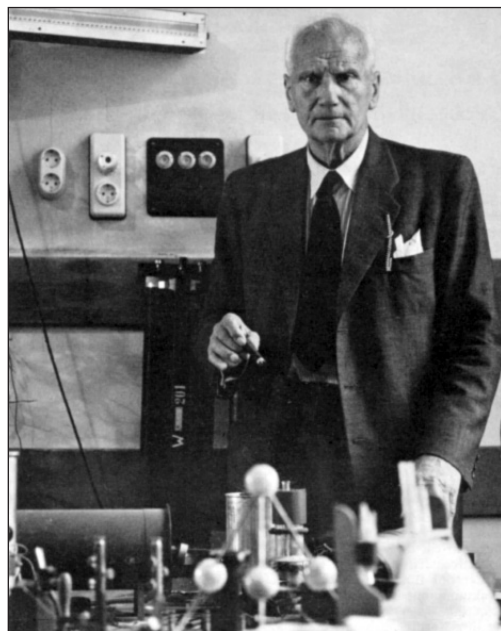
Борн насърчава Щерн да продължи експериментите с молекулни снопове. Наистина, през 1919 г. Борн, заедно с неговата студентка Елизабет Борман, предприема измерване на средния свободен пробег на сноп сребърни атоми, движещи се във въздух. Първият експеримент на Щерн, докладван през 1920 г., е мотивиран от кинетичната теория и в него той определя средната топлинна скорост на сребърни атоми по един изобретателен начин. Той монтира източника на атомния сноп на въртяща се платформа – миниатюрна въртележка – която се върти с малка линейна скорост, само 15 метра в секунда. Това води до малко центробежно преместване на снопа, показващо разпределението му по скорости, както се вижда от слабото изображение на отложеното сребро. По отнемването на това изображение при обръщане посоката на въртене Щерн е в състояние да направи оценка за много по-високата средна скорост на атомите, около 660 m/s при 1000 °C. Скоро след това той ще използва аналогична постановка за проверка на атомния модел на Бор: градиентът на магнитното поле би трябвало да доведе до противоположни отклонения на снопа от атоми, тъй като според планетарния модел електронът се върти или по часовниковата стрелка, или в обратна посока около оста на полето.

От топлинното излъчване до магнитното отклонение

Валтер Герлах получава докторска степен по физика в Университета в Тюбинген през 1912 г. Неговите изследвания се отнасят до топлинното излъчване и фотоелек-

тричния ефект. Докато служи в армията по време на Първата световна война, Герлах работи с Вилхелм Вин върху развитието на безжичната телеграфия. След кратък стаж в промишлеността, през 1920 г. Герлах получава място на асистент в Института по експериментална физика във Франкфурт, в непосредствена близост до института на Борн.

Интересът на Герлах към молекулните снопове започва още от 1912 г. Впечатлен от наблюдаваната от Дюнойе флуоресценция от натриев сноп, Герлах (вж. фиг. 3) опитва да наблюдава излъчването от снопове на няколко различни метали, но безуспешно.⁵ Във Франкфурт той иска да изследва дали атомът на бисмута ще прояви същият силен диамагнетизъм, какъвто има кристалният бисмут. Идеята му е да отклони сноп бисмутни атоми в силно нехомогенно поле. С цел да създаде магнитно поле с най-голям възможен градиент, той предприема експерименти за тестване на различни геометрични конфигурации. Борн изразява съмнение за ползата от експериментите с отклонение на снопа. В отговор Герлах цитира любимата си поговорка, по-късно подходяща и за ЕЩ-Г: „Никой експеримент не може да е толкова глупав, че да не си заслужава да се опита“⁵.



Фиг. 3. Валтер Герлах (1889-1979) с пура в ръка в лабораторията си в Института за физика в Мюнхен, около 1950 г.

(Снимката е предоставена от В. Шулиц, *Phys. Bl.* 25, 343, 1969)

Проблеми около пространственото квантуване

През 1921 г. най-модерната квантова теория е все още моделът на Бор, както е обобщен за водородния атом през 1916 г. от Арнолд Зомерфелд и независимо от Петер Дебай. В предложените от тях условия за квантуване се предполага, че квазипланетарните орбити на електроните в модела на Бор могат да приемат само определени пространствени ориентации спрямо външно поле. Те са разочаровани, че пространственото квантуване не може да изясни неприятния проблем за „аномалния“ ефект на Зеeman, сложно разцепване на спектралните линии в магнитно поле. Въпреки че „нормалният“ ефект на Зеeman (много по-рядко срещаш се от аномалния ефект) е в съответствие с пространственото квантуване, той може да се обясни добре и в рамките на класическия модел, предложен през 1897 г. от Хендрик Лоренц. Това всява недоумение и смут сред атомните теоретици, както е описано от Волфганг Паули: „Аномалният ефект... едва ли е понятен, тъй като най-общи предположения за елек-

трона, в рамките на класическата физика, както и на квантовата теория, винаги водят до един и същ триплет... Един колега, който ме среща да се разхождам безцелно по красивите улици на Копенхаген, ми каза приятелски: „Изглеждаш много нещастен“, при което отговорих яростно, „Как може някой да изглежда щастлив, когато мисли за аномалния ефект на Зеeman?“⁶

Паули, както и Щерн, полагат и усилия за усъвършенстване на теорията на феромагнетизма, предложена през 1913 г. от Пиер Вайс. Тази теория, все още полезна и днес, обяснява магнетизма чрез съществуване на магнитни домени в метала. Но от нея следва, че средният магнитен момент на атом в напълно намагнитена проба от желязо е много по-малък, около 5 пъти, от магнетона на Бор, който дава магнитния момент на един електрон, $\mu_B = (e/2mc)(h/2\pi)$. В опит да обясни разликата, Паули се позовава на пространственото квантуване. През 1920 г. той успява да изчисли средно статистическото квантово число на проекциите и прави извод, че нетният ефективен атомен момент наистина трябва да е много по-малък от магнетона на Бор. Основната идея в модела на Паули не е вярна, тъй като той разглежда само магнитния момент, дължащ се на орбиталното движение. Спинът още не е открит през 1920 г., а той играе най-съществената роля както за обяснение на феромагнетизма, така и за аномалния ефект на Зеeman. Независимо от това, идеята на Паули да използва пространствено квантуване на атомните магнити обръща внимание на колегите, включително и на Щерн, към тази идея.

За самия Щерн непосредствен стимул за провеждане на ЕЩ-Г е едно ненаблюдавано свойство, подсказано от пространственото квантуване в модела на Бор. Моделът изглежда изисквал газ от водородни атоми да заема две положения в магнитно поле, защото орбитата на електроните ще бъде в равнина, перпендикулярна на посоката на полето. Щерн си спомня, че въпросът за тази двойственост е бил повдигнат на семинар. На следващата сутрин той се събужда рано, но било твърде студено в стаята и той „останал в леглото на топло да си мисли, тогава и му дошла идеята за експеримента.“⁷ Той осъзнава, че според модела на Бор пространственото квантуване трябва да бъде само двукратно, тъй като проекцията на орбиталния ъглов момент има само две стойности, $\pm h/2\pi$ (макар Бор, както и другите, да били притеснени, че този модел изключва нулева стойност). Тази двукратна възможност позволява да се направи решаваща проверка за пространственото квантуване като се използва магнитното отклонение на атомния сноп. Въпреки разширението на снопа поради разпределението по скорости, в поле с достатъчно силен градиент двете противоположно ориентирани компоненти трябва да се разделят една от друга на по-голямо разстояние от ширината на първоначалния сноп. За разлика от квантовата теория, класическата механика предсказва прецесия на атомните магнити в полето, но те остават ориентирани случайно и отклонението само ще води до разширяване (но не разделяне) на снопа. Така Щерн измисля как да извърши експеримента, който, „ако е успешен, ще реши недвусмислено коя от двете гледни точки е вярната: квантовата или класическата“⁸.

От Gedanken до Danken (от измислянето до признателността)

След като му идва тази идея в топлото легло, Щерн побързва да я обсъди с Борн, но среща хладен прием. В своята автобиография Борн казва: „Доста време ми трябваше да възприема тази идея насериозно. Мислех, че винаги [пространственото] квантуване е един вид символичен израз за нещо, което не разбираме. Но да се приема това буквално, както Щерн го направи, не бях готов; това си беше негова собствена идея... Опитах се да убедя Щерн, че в нея няма вложен определен смисъл, но той ми отговори, че си струва да опита.“⁹

За щастие, Щерн намира ентузиазизиран новак в лицето на Герлах, който дотогава не е чувал нищо за пространственото квантуване.¹⁰

Въпреки най-старателното планиране и изчисленията за това дали е осъществим този експеримент, за реализирането му отива повече от година. В окончателния си вариант сноп от сребърни атоми (получени от изпарение на метално сребро, нагрятото в пещичка до 1000 °C) се колимира чрез два тесни процепа (с ширина 0,03 mm) и преминава по дължината на междуполусното пространство на магнит с дължина 3,5 cm, с интензитет на полето около 0,1 T и градиент 10 T/cm. Полученото разцепване на сребърния сноп е само 0,2 mm. Следователно, неточности в линейното разположение на колимиращите процепа и на магнита с повече от 0,01 mm би било достатъчно за проваляне на експеримента. Времето за облъчване обикновено е само няколко часа, защото апаратурата излиза от строя при по-дълга работа. Така че се получават само много бледи изображения на депозирания сноп сребърни атоми върху колекторната плака, толкова бледи, че не могат да се видят с невъоръжено око. Щерн описва така един епизод от ранния период: „След пускане на въздух във вакуумната система, Герлах отвори фланеца, на който е поставен детектора. Но не можа да види никаква следа от снопа атомно сребро и ми подаде фланеца. Докато двамата се взирахме внимателно в плаката, изненадано забелязахме как постепенно се появяват следите на снопа... Накрая осъзнахме какво е станало. Тогава бях на длъжност асистент. Заплатата ми беше твърде ниска, за да си позволя качествени пури, затова и пушех лоши. А в тях има много сяра, така че моят дъх върху плаката беше превърнал среброто в сребърен сулфид, който е много черен и затова се вижда лесно. Беше като при проявяване на фотографски филм.“⁷

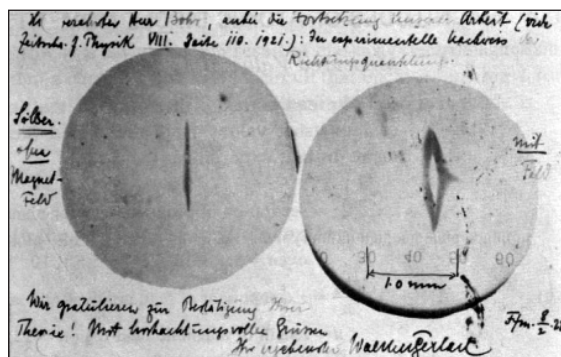
След този случай Герлах и Щерн започват да използват процес на фотографско проявяване, макар че и двамата продължават да си пушат пури в лабораторията. А непрестанните трудности не спират. Безрезултатните им усилия продължават с месеци, през което време отношението на Щерн към пространственото квантуване се колебае между увереност и пълно отхвърляне. Герлах също има колеги, които се съмняват, включително Дебай, който му казва: „Но вие сигурно не вярвате, че пространствената ориентация на атомите е нещо физически реално, това е само нещо като разписание на електроните“¹⁰.

Друга пречка е финансовата криза, която започва в Германия. Борн дава безрезервна подкрепа на усилията за набиране на средства за продължаване на ЕЩ-Г. Той

се възползва от големия интерес към Айнщайн и теорията на относителността и изнася серия от публични лекции „в най-голямата аудитория на университета... за които изисква входна такса... Спечелените по този начин пари ни помогнаха да работим няколко месеца, но тъй като инфлацията се увеличаваше, трябваше да намерим нови средства.“⁸ Борн „на шега“ споменава за това на един приятел, който заминава за Ню Йорк, и не може да повярва на очите си, когато няколко седмици по-късно получава пощенска картичка, на която просто пише, че трябва да се обърне към Хенри Голдман на дадения в картичката адрес: „Отначало го взех също за шега, но след като размислих, реших, че трябва да се опита... Съчинихме едно хубаво писмо и го изпратихме. И скоро пристигна най-очарователен отговор с чек за няколкостотин долара... След като получихме този чек на Голдман, експериментите ни бяха спасени и продължихме успешно работата [по ЕЩ-Г].“⁹

Голдман, основател на инвестиционната фирма, Goldman Sachs и родоначалник на магазините Woolworth Co, имал семейни корени във Франкфурт.

По това време Щерн се премества в Университета в Рошок като професор по теоретична физика. В началото на 1922 г. той и Герлах се срещат в Гьотинген, за да обсъдят положението и решават да се откажат от продължаване на експериментите. Но железопътна стачка забавя връщането на Герлах във Франкфурт и му предоставя още един дълъг ден за размисъл над всички подробности. Той все пак решава да продължи, подобрявайки настройката на снопа спрямо процепите и магнита, и скоро постига съвсем отчетливо разделяне на два снопа.⁵ Щерн си спомня, че когато получава телеграма от Герлах с краткото съобщение: „В края на краищата Бор е прав“, собствената му изненада и радост са безгранични.¹¹ Герлах изпраща и картичка на Бор с поздравле-



Фиг. 4. Пощенската картичка на Герлах до Нилс Бор от 8 февр. 1922 г. Тя показва снимка на разцепения снап и е със следния текст (в превод): „Тук прилагаме експерименталното доказателство за посоката на квантуване. Поздравяваме [В] за потвърждението на Вашата теория.“ (Благодарност към AIP Visual Archives на Емилио Сегре.)

ния и на нея показва снимка, на която се вижда отчетливото разцепване на снопа (вж. фиг. 4).

След допълнителни експериментални уточнения и внимателен анализ, Герлах и Щерн дори са в състояние да определят с точност до около 10% магнитния момент на атома на сребро и той наистина се оказва един магнетон на Бор. Това пряко доказателство на пространственото квантуване е възприето веднага като едно от най-неопровержимите указания за валидността на квантовата теория. И все пак откритието е двусмислено. Наред с другите, Айнщайн и Паул Еренфест се опитват да разберат как атомните магнити могат да придобиват

предварително определена ориентация в магнитното поле. Понеже енергията на взаимодействие на атомите с магнитното поле е различна в зависимост от ориентацията им, остава загадка как може снопът да се раздели, когато атомите влизат в полето с произволни ориентации, а плътността им в снопа е толкова ниска, че не могат да си обменят енергия при удари. А също и липсата на магнитна двойственост става съвсем загадъчна. Малко по-късно през 1922 г. Герлах отива в Роцок и напразно се опитва да наблюдава такова явление в натриеви пари; подобни усилия и от други изследователи имат също отрицателен резултат.⁵

Тези и други загадки, като например аномалния ефект на Зеeman, намират обяснение едва няколко години по-късно с развиването на квантовата механика и включването на спина на електрона в теорията. Този напредък прави модела на Бор остарял, но увеличава обхвата и важността на пространственото квантуване. Задоволителната съвместимост на разцепването на Щерн-Герлах със старата теория се оказва едно щастливо съвпадение. Орбиталният момент на атома на среброто е равен на нула, а не на $\hbar/2\pi$, както се предполага в модела на Бор. Магнитният момент се дължи единствено на половината от спиновия момент на електрона, което и обяснява разцепването на две компоненти. Въпреки това, магнитният момент на атома на среброто е много близък до един магнетон на Бор, благодарение на множителя на Томас, равен на две, но това става ясно едва през 1926 г. Така по един загадъчен и странен начин природата демонстрира дублиране с взаимно компенсиране.

Остава една любопитна историческа загадка. От интереса, който предизвиква ЕЩ-Г през 1922 г., може да се очаква, че въвеждането на спина на електрона през 1925 г. ще доведе до преосмисляне на разцепването на Щерн и Герлах, т.е. то ще бъде обяснено като дължащо се на спина. Въпреки това, първото свързване на разцепването със спина се появява едва през 1927 г., когато Роналд Фрейзър отбелязва, че орбиталният момент на основното състояние и свързаните с него магнитни моменти на сребро, водород и натрий са нула.¹² Практически, всички днешни учебници описват разцепването на Щерн-Герлах като демонстрация на спина на електрона, без да посочват, че храбрите експериментатори не са имали никаква представа, че откриват спина.

Още една пура. Когато покойният Едвин Ланд разказвал преди много години историята за пурата, той веднага добавял: „Аз това не го вярвам!“ Ето защо, преди церемонията във Франкфурт през февруари 2002 г. ние се опитахме да направим възстановка на това събитие с 80-годишна давност. В първоначалния ЕЩ-Г, изображението на снопа върху плаката на колектора представлява монослой от сребърни атоми (приблизително 10^{16} атома/ cm^2). Чрез нагряване на жичка във вакуум, ние изпарихме сходно количество сребро върху три стъклени плаки. Тогава единият от нас (Фридрих), в ролята на Герлах, пусна сух азот в камерата, за да извадим плаките, и сложи на част от тях маски във формата на полюсите на магнита. В същото време, от другата му страна Хершбах, в ролята на Щерн, пушеше евтина пура, за да си оцвети дъха. След това едната плака беше изложена на този серен дъх от близко разстояние, втората – пряко на дима от пурата; а третата – само на въздуха в лабораторията на няколко метра



Фиг. 5. Възстановка на епизода на Щерн-Герлах с пурата, направена от авторите. Бретислав Фридрих държи плаката, докато Дъдли Херибах духа към нея дим от сярна пура, за да тестват дали е вярна историята, която той е чул (или Ото Щерн е казал) преди повече от 40 години. Оказва се, че сребърният слой трябва да се подложи на самия дим на пурата (а не просто на серен дъх), за да се образува видима разлика между частта от плаката с маска във формата на полюсните наконечници на магнита (светлата част), и външната част (тъмната), изложена на пушека (вж. вставката). (С любезното съдействие на Ду Су Чунг и Сунил Шет.)

помощта на оптичен микроскоп, свързан с пластинката чрез зарядночувствително устройство и камера, да получим изображение. В работата, извършена заедно с Ду Су Чунг, професор по химия в Университета в Сеул, Южна Корея, и Сунил Шет, студент в Харвардския университет, ние установихме, че тази система представлява едно просто средство с пространствено разделяне (от няколко микрона) за регистриране на много слабо интензивен сноп, който се отлага върху плака като монослой. Детекторът не се ограничава само до регистриране на серни съединения, той детектира и водороден бромид и други халогени, а вероятно ще работи и за много други молекули, които реагират със сребро.

Очаквайки наследство сред пепел от горчивини

В края на 1922 г. Щерн става професор по физикохимия в университета в Хамбург. Там той предприема амбициозна програма за разработване на методи с молекулярни снопове.⁸ Програмата включва основни тестове за някои основни аспекти на кванто-

от мястото. Ние търсихме контрастна разлика в частите от плаките с маска и без маска (вж. фиг. 5).

В съгласие със скептицизма на Ланд, простото издишване на серния дъх върху стъклената плака, дори и енергично, се оказа без видим ефект. Но поставянето в дима на пурата предизвика бързо почерняване в областите на плаката извън маската в рамките от няколко секунди до няколко минути, в зависимост от това дали количеството дим беше обилно или по-малко. Смятаме, че вероятно Щерн е бил с пура в ръка и е „облял“ детекторната плака с дим, докато Герлах, зает с пускането на въздух в апаратурата и изваждането на плаката, е бил без обичайната си пура. Фактът, че прекият дим е изиграл важна роля, а не лошият тютюнев дъх, може да е бил забравен 40 години по-късно от самия разказвач (или от слушателя) на историята с пурата.⁷

Тази възстановка ни вдъхнови да пробваме с покрита със сребро силициева микроканална пластинка като детектор за молекулни снопове, а с

вата механика.¹³ Върховото му постижение е през 1933 г., когато в сътрудничество с Имануел Естерман и Ото Фриш, открива аномалните магнитни моменти на протона и неутрона. Това откритие изумява теоретичите и има дълбоко въздействие върху ядрената физика: то показва, че протонът и неутронът не са елементарни частици, а трябва да притежават вътрешна структура. Експериментите са много по-трудни от първия ЕЩ-Г, защото магнитните моменти на ядрата са хиляди пъти по-малки от тези на електроните. Освен това, както Естерман го описва, трябвало е да работят „с висящ над главите меч на нацизма.“⁵ Щерн и колегите му скоро трябва да емигрират. Щерн пристига в САЩ, но никога вече няма да има ръководна роля в научните изследвания. Тази роля се поема от Изидор Раби, който се запознава в детайли с молекулните снопове по време на работата си като пост-докторант в Хамбург.^{14, 15}

Герлах, чиято репутация силно нараства след успеха на ЕЩ-Г, също предприема важни по-нататъшни изследвания. Въпреки това, след като изучава отклонението на бисмут и на няколко други метали в магнитно поле, той не продължава с изследванията върху молекулярни снопове. Вместо това, той провежда голяма серия експерименти за изясняване на загадките на радиометричния ефект*. Още през 1923 г. той и неговата студентка Алис Голсен провеждат първото точно измерване на налягането на лъчението. В съгласие с класическата теория, резултатите показват, че налягането е пропорционално на интензитета на светлината и не зависи от дължината на вълната. Голяма част от по-късните му изследвания са свързани с химически анализи, феромагнетизъм и материалознание. През 1925 г. Герлах се връща в Тюбинген като професор по експериментална физика; там той наследява катедрата на своя учител Фридрих Пашен. Четири години по-късно Герлах се премества в Мюнхен на мястото на Вилхелм Вин и остава там до пенсионирането си през 1957 г.

По време на Третия райх Герлах оказва твърда съпротива на фанатичите, които нападат Айнщайн и „еврейската наука“, той никога не се присъединява и към нацистката партия. И все пак, през 1944 г. той става ръководител на германската ядрена програма за научни изследвания. В края на войната Герлах е сред десетте водещи германски учени, задържани във Farm Hall от съюзническите сили. Когато идва новината за хвърлената над Хирошима атомна бомба, Герлах „направо излиза от строя и очевидно претърпява нервен срив“, даже някои колеги се страхували да не се самоубие.¹⁶ По-късно той допринася много за възстановяването на германската наука и е много активен в кампанията за забрана на ядрените оръжия.

Щерн става американски гражданин през 1939 г., а през Втората световна война работи като консултант към Министерството на войната (сега преименувано). През 1945 г. се пенсионира и се заселва в Бъркли, Калифорния. Той често пътува до Европа, но „никога не посещава Германия и отказва да получи пенсията, която му се полага, изразявайки по този начин отвращението си от нацизма.“¹¹ Той поддържа връзки с някои германски приятели и по време на следвоенната криза им изпраща колети с най-необходимото. Щерн и Герлах се срещат отново само веднъж в Цюрих в началото на 60-те години на 20-и век. В некролога, написан за Щерн няколко години

по-късно, Герлах подчертава: „Който познава [Щерн] не може да не оцени неговата откровеност [и]... безусловна надеждност“. Тогава Герлах завършва с думите: „Преди неговото отпътуване от Франкфурт, аз му дадох един пепелник с надпис за спомен от месеците на безнадеждни усилия да видим пространственото квантуване... Този пепелник издържа през всичките години до Бъркли, за разлика от нашата експериментална апаратура, книгите, лабораторните тетрадки и оригиналите на нашите резултати, които изгоряха през Втората световна война.“¹⁰ Като много други неща, и те се превърнаха в пепел.

Благодарни сме на Хорст Шмид-Бьокнг и Хелмут Рехенберг за полезната информация, на Ду Су Чунг и Сунил Шет за изпълнението на проекта, който включваше дим от пура и сребърни огледала, на Националния фонд за научни изследвания, на Департамента по енергия на САЩ и на Изследователския фонд на Петролеум за финансовата подкрепа.

Литература

1. За по-пълно описание на експеримента на Щерн и Герлах вж. J. Mehra, H. Rechenberg, *The Historical Development of Quantum Theory*, vol. 1, part 2, Springer-Verlag, New York (1982), p. 433, and B. Friedrich, D. Herschbach, *Daedalus* **127**, 165 (1998).
2. K. Mendelssohn, *The World of Walther Nernst: The Rise and Fall of German Science*, Macmillan, London (1973), p. 95.
3. F. Hund, *Geschichte der Quantentheorie* [*The History of Quantum Theory*], Bibliographisches Institut, Mannheim, Germany (1975).
4. O. Stern, in *Les Prix Nobel en 1946*, Imprimerie Royale Norstedt and Soner, Stockholm (1948), p. 123. Available online at <http://www.nobel.se/physics/laureates/1943/sternlecture>.
5. I. Estermann, *Am. J. Phys.* **43**, 661 (1975). See also I. Estermann in I. Estermann, ed., *Recent Research in Molecular Beams: A Collection of Papers Dedicated to Otto Stern*, Academic Press, New York (1959).
6. W. Pauli, *Science*, **103**, 213 (1946).
7. D. Herschbach, *Angew. Chemie Int. Ed. Engl.* **26**, 1225 (1987). Спомените на Щерн, включени в тази статия, не са буквално цитати, а представляват свидетелство от първа ръка с неговия маниер на разказване.
8. Списък на статиите на Щерн се съдържа в *Z. Phys. D: At. Mol. Clusters* **10**, 114 (1988); там има и английски превод на статията му от 1921 г., в която той предлага експеримента на Щерн и Герлах. Вж също лит. 5 и 11.
9. M. Born, *My Life: Recollections of a Nobel Laureate*, Scribner, New York (1978), p. 78.
10. W. Gerlach, *Phys. Bl.* **25**, 412 (1969); **25**, 472 (1969); H.-R. Bachmann, H. Rechenberg, eds., *Walther Gerlach: Eine Auswahl aus seinen Schriften und Briefen*, Springer-Verlag, Berlin (1989).
11. E. Segrè, *Biogr. Mem. Natl. Acad. Sci.* **43**, 215 (1973).
12. R. G. J. Fraser, *Proc. R. Soc. A* **114**, 212 (1927).
13. N. F. Ramsey, in ref. 8, p. 121; D. Herschbach, *Ann. Phys. (Leipzig)* **10**, 163 (2001).

14. J. S. Rigden, *Rabi: Scientist and Citizen*, Harvard U. Press, Cambridge, Mass. (2000). See also J. S. Rigden, *Hydrogen: The Essential Element*, Harvard U. Press, Cambridge, Mass. (2002).

15. Прогресът в молекулните снопове е богат илюстриран в *More Things in Heaven and Earth: A Celebration of Physics at the Millennium*, B. Bederson, ed., Springer and American Physical Society, New York (1999), and R. Campargue, ed., *Atomic and Molecular Beams: The State of the Art 2000*, Springer, New York (2001).

16. D. C. Cassidy, *Uncertainty: The Life and Science of Werner Heisenberg*, W. H. Freeman, New York (1992), p. 501; вж също J. Bernstein, *Hitler's Uranium Club: The Secret Recordings at Farm Hill*, 2nd ed., Copernicus Books, New York (2001).

17. A. Sommerfeld, *Atombau und Spektrallinien*, 3rd ed., Vieweg, Braunschweig, Germany (1922), p. 338.

18. Max Born, ed., *Albert Einstein, Max und Hedwig Born, Briefwechsel 1916–1955*, Nymphenburger Verlagshandlung, Munich, Germany (1969), p. 82.

* Под радиометър тук се разбира устройство за измерване налягането на светлината (бел. пр.)

Отзивите за експеримента на Щерн-Герлах

Следните цитати от Джеймс Франк, Нилс Бор и Волфганг Паули са сред съобщенията, които Валтер Герлах получава в отговор на изпратените от него пощенски картички (като тази, показана на фиг. 4)¹⁰; цитатът от Арнолд Зомерфелд се появява в изданието от 1922 г. на неговата класическа книга¹⁷; този от Алберт Айнщайн е от писмо до Борн, изпратено през март 1922 г.¹⁸; този от Изидор Раби е от лит. [8], стр. 119. (вж. също некролога на Раби за Ото Щерн в *Physics Today*, окт. 1969 г., стр. 103.)

„Чрез своя находчив експеримент Щерн и Герлах не само демонстрират *ad oculos* [за очите] пространственото квантуване на атомите в магнитно поле, но доказват и квантовия произход на електричеството и връзката му с атомната структура.”

Арнолд Зомерфелд (1868-1951)

„Най-интересното постижение до този момент е експериментът на Щерн и Герлах. Насоченото подреждане на атомите без удари посредством радиационен [обмен] е непонятно в рамките на съществуващите теоретични методи; на атомите биха им били нужни повече от 100 години, за да се подредят. Аз направих някои изчисления по този въпрос заедно с [Паул] Еренфест. [Хайнрих] Рубенс счита експерименталния резултат за абсолютно сигурен.”

Алберт Айнщайн (1879-1955)

„По-важно е дали това доказва съществуването на пространственото квантуване. Моля, добавете няколко думи за обяснение на тази загадка, какво всъщност става.”

Джеймс Франк (1882-1951)

„Ще бъда много благодарен, ако вие или Щерн ме уведомяте в няколко реда дали тълкувате експерименталните си резултати по този начин, т.е. че атомите се

ориентират само паралелно или антипаралелно, но не и перпендикулярно на полето, за да може да се търси теоретично обяснение на последното твърдение.”

Нилс Бор (1885-1962)

„Това би трябвало да убеди дори и невярващия Щерн.”

Волфганг Паули (1900-58)

„Като студент в първите си години, още през 1923 г., аз... се надявах, че с находчивост и изобретателност бих могъл да намеря начин да адаптирам атомните явления към някаква механична система... Моята надежда да [го направя] се изпари, когато прочетох за експеримента на Щерн-Герлах... Резултатите са поразителни, въпреки че бяха подсказани от квантовата теория... Това ме убеди, веднъж и завинаги, че и най-изобретателният класически механизъм няма място тук и че трябва да приемем факта, че квантовите явления изискват изцяло нова ориентация.”

Изидор И. Раби (1898-1988)

Превод: **Ани Минкова**

„Physics Today“, 53, 2003

Броеве на Списание СВЕТОТ НА ФИЗИКАТА можете да си поръчате и на електронния магазин на сайта на списанието:

<http://wop.cointech.net/bg/archive.php>

РЕЗОЛЮЦИЯ НА ВТОРИЯ НАЦИОНАЛЕН КОНГРЕС ПО ФИЗИЧЕСКИ НАУКИ 25-29 СЕПТЕМВРИ 2013 Г., СОФИЯ

През изминалите 30 години от Първия Конгрес по физически науки през септември 1983 г. физическите науки у нас се развиват 6 години в условията на планова икономика и 24 години – на пазарна икономика. Физиката продължи да обслужва научно създадени от нея самата отрасли на промишлеността: атомна енергетика, интегрална и функционална микроелектроника, оптоелектроника, слънчева енергия и нови енергийни източници. Създават се и нови направления с обещаваща индустриална реализация, най-типични са нанофизиката и нанотехнологиите. Възникват направления, от които се очаква значим социален ефект, напр. физиката на живата материя, физиката на храните, физиката на околната среда. Още преди пазарната икономика у нас се слага началото на проектното финансиране, което в днешно време значително допълва бюджетното финансиране. Продължава участието на България в два международни института по физика, в които нашата страна е член-основател: ОИЯИ Дубна и Лабораторията по ниски температури и силни магнитни полета, Вроцлав. Достъпът до европейските научни програми след 1989 г. играе решаваща роля днес в обновяването на апаратурния парк на българската физика. Нашата физика получава достъп до световни изследователски центрове: ЦЕРН, Гренобъл, Кадараш, ДЕЗИ-Хамбург, НАСА, Цукуба, РИКЕН, и др. Българската метеорология и сеизмология участват активно в международния обмен на данни, което решително повишава точността на прогнозите им.

Голям брой български физици заминават за продължителна работа в чужбина и се утвърждават там като водещи специалисти. Много от тях запазват творчески и колегиални връзки със своите български институции и значително допринасят за напредъка на физиката у нас.

Нараства ролята на физиката като основна природна наука, извор на неизчерпаем кръг идеи и иновации, преплетена тясно с всички природни и инженерни науки. На този фон обаче се констатира рязко намаление на нивото на обучение по физика в средните училища и в нефизическите специалности на висшите училища. Въпреки тези влошени условия на обучение, редица български учители по физика успяват да подготвят свои ученици на високо международно ниво и година след година жънат медали в най-престижни международни състезания и олимпиади, с което извисяват научния и образователен авторитет на българската нация.

В този период се натрупва действието на редица фактори, повлияли неблагоприятно на развитието на физическите науки, от които ще отбележим:

- недостатъчното бюджетно финансиране, довело до забавено обновяване на

експерименталната база, изоставяне на заплатите на учените и университетските преподаватели в общата скала на заплатите в страната, намаляване на абонамента за научни списания и др.;

- продължаващото изтичане на мозъци и силно ограниченият приток на млади учени доведоха до спад на участието в Конгреса по физика с около 27% (сравнено с 1983 г.), докато в съседните ни държави Гърция, Румъния и Турция ръстът на научната продукция по физика е с няколкостотин процента;

- в управлението на науката се допуснаха редица неблагоприятия, като недооценяване на ролята на БАН, Софийския университет и Пловдивския университет (без да изброяваме всички засегнати) и влошаване на условията за работа в техните звена, нередностите и нецелесъобразното управление на Фонд „Научни изследвания”, изопаченото прилагане на закона за академичното развитие и др.;

- силно бе редуциран хорариумът по физика в средните училища, пренебрегна се преподаването на физика в учебни кабинети. Тези и други фактори доведоха до рязко снижаване на нивото на обучението по физика в средните училища и свързаните с него проблеми по адаптирането на студентите към поддържаното високо ниво на изучаване на физиката в университетите;

- намалява броят на студентите по физика и интересът към физиката като кариера. В същото време любопитството у младите хора и цялата общественост към научните открития и новостите във физиката се запазва.

Целите на научните изследвания по физика в България в 21 век

1. В настоящия момент в България се развиват редица както класически, така и нови направления на физическите науки. Голяма част от тях са утвърдени като перспективни от европейската експертна комисия, която извърши международна оценка на институтите на БАН през 2009 г. Един може би непълен списък е даден по-долу. Последователността в този списък не е белег за степента на перспективност на дадено направление.

Математическа и теоретична физика

Физика на атомното ядро и елементарните частици

Физика на високите енергии и космичното лъчение

Енергийна ефективност и нови енергийни източници

Реакторна физика

Физика на плазмата и газовия разряд. Управляем термоядрен синтез

Физика на материалите

Квантова физика и нанofизика

Физика на свръхохладената материя

Физика на меката и живата материя

Физика на храните

Медицинска физика

Физика на околната среда

Физика и културно-историческо наследство
Радиофизика и физична електроника
Микро– и акустоелектроника
Наноелектроника, наноелектромеханика
Фотоника и квантова електроника
Слънце и слънчева система
Звезди и звездни системи, галактики
Виртуална обсерватория
Физика на Земята, атмосферата и космоса
Геомагнитно поле и прогнози за магнитни бури
Метеорология и прогнози за времето
Геофизика, земетресения, защита от бедствия и аварии
Хидрология, океанология

Бъдещите насоки на изследванията ще разширят и задълбочат тези направления, като могат да възникнат и нови.

2. Особено перспективни са изследванията по физика на елементарните частици в ЦЕРН, Женева, които доведоха до откриване на Хигс-бозона през 2012 г., със значително българско участие.

3. Международното сътрудничество в Европейското изследователско пространство трябва да се интензифицира, по-специално в областта на управляемия термоядрен синтез, нанофизиката, физиката на новите материали за информационните технологии и др. Участието на нашата физика в международните институти на Източна Европа (Дубна, Вроцлав) следва да се развива и поощрява.

4. Конгресът намира за особено важни също космическите изследвания и технологии. В тази насока се предлага включването на България в Европейската космическа агенция.

5. Конгресът смята, че системата на критериите за оценка на научните резултати и законът за академичното развитие трябва да бъдат усъвършенствани.

6. Конгресът счита, че бъдещото развитие на физиката до голяма степен ще засегне допирните ѝ точки с другите природни науки и ще се изрази в нови интердисциплинарни направления с висока перспективност (биофотоника, молекулярна медицина, наномедицина, адронна лъчетерапия, а също и иконофизика, социофизика, и др.). В тези направления стилът на мислене и методите на физиката ще бъдат водещи. За ефективното включване на професионалисти-физици в такива социално значими интердисциплинарни направления обаче е необходима задълбочена подготовка и по други естествени науки, на първо място химия, биология, медицина. Това, заедно с една повишена гъвкавост в научните интереси, с която да отговорим на интересите на обществото, ще може да се реализира само по линията на продължаващото обучение през целия живот.

Издигане ролята на физическите науки за осъществяване връзката Наука-Иновации като фактор за развитие на конкурентна икономика

Задачи:

1. Развитие на фундаменталните научни изследвания като база за научно-приложните изследвания
2. Ориентиране на приложните научни изследвания към по-тесен контакт с индустрията
3. Приоритетно развитие на научните изследвания в области като:
 - нови материали и нанотехнологии
 - ядрени технологии и тяхното приложение в индустрията и медицината
 - лазерни технологии и тяхното приложение в индустрията и медицината
 - плазмени технологии в индустрията и микроелектрониката
 - устойчиво развитие в енергетиката
 - енергийна ефективност и използване на възобновяемите енергийни източници
 - методи за съхранения на енергия, включващи водородна енергетика
 - екология и опазване на околната среда.
4. Използване възможностите на Рамковата програма на ЕС „Хоризонт 2020” за научни изследвания и иновации. Нивото на развитие на физиката в България е такова, че може да бъде определящ фактор за интелигентна специализация на страната ни и за нейното ефективно участие в програмата „Хоризонт 2020“.
5. Подкрепа на идеята за създаване на фонд „Рискови инвестиции” като инструмент за иновативно развитие

Проблеми на средното и висшето образование по физика

Конгресът смята, че преподаването на физика в средните училища и университетите е в критична фаза, от която зависи качеството на средното образование и на висшето образование по инженерни, природни и медицински специалности. От решаващо значение са следните действия и изпълнението на следните условия:

1. Предметът „Физика и астрономия“ – задължителна подготовка да се изучава в 7-10 клас с хориум 2 часа седмично във всеки клас.
2. Да се създадат Държавни образователни изисквания (ДОИ) за материална база по природни науки във всяко училище така, че физиката да се преподава в кабинети като наука с експериментален фундамент.
3. С цел привеждане системата на обучение във втория гимназиален етап в съответствие с бързо изменящите се социално-икономически условия, МОН да организира широко обществено обсъждане на номенклатурата на профилите в 11-12 клас с участието на потребителите на кадри на средното училище: представителите на бизнеса и висшите училища.
4. С оглед очертаващия се дефицит от инженерни кадри в икономиката (и пре-

насищането със специалисти с хуманитерно образование) да се създаде *инженерно-технологичен профил* в 11-12 клас с три профилиращи предмета.

5. При съставяне на учебните планове за профилирана подготовка – 11-12 клас, да се включат три, а не два, задължителни профилиращи предмети за математическия и природния профили.

6. Да продължи работата по учебните програми за дисциплината „Човекът и природата” и по „Физика и астрономия” – задължителна и профилирана подготовка. Да се поставят на по-нататъшно обсъждане структурата на учебните програми, целите на средното образование по физика, както и групите от ученици и студенти, към които е насочена профилираната подготовка.

7. Да се усили дейността за привличане на млади учители с образование по физика, както и за непрекъснато осъвременяване на техните познания и квалификация в областта на теорията и експеримента.

8. Да се обсъждат периодично с ръководството на МОН и с ректорските ръководства на университетите промените в хорариумите, учебните планове и програми, новите специалности, финансирането на лабораториите и катедрите и др.

9. От критична важност е да се увеличи субсидията за студентите в природните дисциплини на 5000 лв. годишно. Тази сума съответства на реалните разходи за подготовката им и ще позволи да се осигури необходимата материална база и преподавателски състав за провеждане на обучение, отговарящо на световните стандарти.

10. Да се оптимизират учебните планове на бакалавърска и магистърска степени по физика.

11. Да се търсят пътища за обновяване на учебните лаборатории по физика в университетите.

12. Да се оптимизира и осъвременява преподаването на физика в техническите, природните и медицински специалности с оглед спецификата на специалността и университета.

13. Програмата за командироване на учители по физика в ЦЕРН, Женева, да продължи и с оглед спецификата на тематиката на института да се отнася само за учители с образование по физика.

14. Да се препоръча на преподавателите по физика:

- Да поддържат творчески контакти с колегите от природните и хуманитарните области, да организират с тях съвместни прояви на студенти и ученици;
- Да се стремят да хуманитаризират физиката, като подчертават ролята на историята на физиката и използват историко-методологичния подход в обучението;
- Да възстановят най-добрите практики за младежко творчество в областта на физиката.

Финансирането на българската наука и българското обществено мнение

- Необходимо е да се постигне една нормална дългосрочна схема за адекватно

финансиране на фундаменталните естествени науки, което е задължение на българската държава, но винаги да се търси и европейска поддръжка в рамките на общите ЕС програми;

- Да се създаде мотивация сред научните среди за търсене на ниши за бърз или обозрим във времето технологичен прогрес, патенти, интелектуална собственост на институции и индивиди, иновации в „умни производства“, като съпътстващ фундаменталните изследвания, на търсене на Европейско финансиране, което е възможно само при много високо професионално равнище на интердисциплинарни колективи, например създаване на интернационални колективи по програми като REGPOT/ INERA;

- Да се приеме от Парламента на Република България законов механизъм за съфинансиране на европейски проекти, особено за модерна научна инфраструктура;

- Да се засили ролята на чуждестранните експертни оценки на научните проекти.

- Колегията на българските физици настоява да продължат действията за обособяване на програма „Наука и образование“ към европейските структурни фондове;

- С оглед решителното подобряване на проектното финансиране на науката настояваме Фонд Научни изследвания да бъде изваден от МОН и реконструиран като Държавна агенция по наука, ръководена от изтъкнати български учени с международна известност.

Популяризиране на физиката

1. Популяризирането на физиката да се превърне в една от основните дейности на Съюза на физиците в България (СФБ), в която да бъдат привлечени сътрудниците на БАН, преподавателите във висшите и средни училища, както и специалистите, работещи в другите области на икономиката. Да се разработи програма за засилване на диалога с националните и местните медии.

2. Управителният съвет на СФБ:

- Да организира, съвместно със Съюза на учените в България и други творчески съюзи, форуми за приложение на физиката в техниката, здравеопазването, енергетиката, екологията, селското стопанство, в социалните и икономическите науки и др.

- Да създаде система за непрекъснато професионално общуване и обмен на научно-методически опит между членовете на Съюза;

- Да съдейства за осигуряване на по-високо качество на учебната, учебно-методичната и научно-популярната литература по физика;

- Да потърси форми за по-широко разпространение на списание „Светът на физиката“ и електронното списание „Физика“.

3. Да се предлага превеждането и издаването на книги от областта на физиката с информация за съдържанието на теоретичните и експериментални изследвания, за новостите, за физичните явления около нас и др., които представляват интерес за учители, ученици, студенти и граждани.

4. Да се организират популярни лекции върху нови резултати във физиката и астрофизиката.

5. Да се потърсят връзки с работодатели и техните организации за информирането им относно възможностите за работа и квалификацията на физици от различни специалности.

6. Да се направи електронен абонамент за интересни списания (“Nature”, “Science”, “Scientific American” и др.)

Заклучение

При съвременните пазарни условия и въпреки периодичните икономически кризи, българската физика е запазила до голяма степен своя творчески потенциал. През периода след Първия конгрес (1983) се отчита намаляване на обема на научната ни продукция с 27%, което предвид намаляването на студентите по физика и продължаващото „изтичане на мозъци” не е критично, но е силно нежелано. СФБ, БАН и ВУ имат мисията да съхранят и развият този творчески потенциал, за да може нашата наука физика да заеме своето достойно място в европейското изследователско пространство и да допринесе за материалното и духовно обогатяване на нашия народ.

Конгресът счита, че общественото и икономическо развитие на страната поставя нови задачи пред физическата колегия, които са свързани с:

- активно участие на физиците в България при формиране на стратегия за научните изследвания и иновациите в страната;

- популяризиране възможностите на физическите изследвания за създаване на модерни производства и нови продукти;

- формулиране, съобразно с тази стратегия, на перспективни научни направления, които да обединят учените, занимаващи се с физически науки;

- актуализиране на методиката за обучение по физика в средните училища с цел придобиване на знания и умения и насочване на младите хора към природните и техническите науки;

- рязко подобряване на финансирането на обучението по физика в университетите;

- актуализиране на методиката за обучение във ВУ за подготовка на студенти с добри базисни познания по физика, необходими за съвременния инженер, химик, биолог, лекар, и т.н.;

- широко популяризиране на новите открития и идеи във физиката, на постиженията на българските и чуждестранните физици;

- основа за бъдещата ни работа да бъде Европейската програма „Хоризонт 2020”.

Конгресът предлага да се формира Консултативен съвет по наука от изтъкнати български учени към президента на Републиката.



Република България
Президент

ДО
АКАД. АЛЕКСАНДЪР ПЕТРОВ
ПРЕДСЕДАТЕЛ НА СЪЮЗА НА БЪЛГАРСКИТЕ
ФИЗИЦИ

ДО
УЧАСТНИЦИТЕ И ГОСТИТЕ НА
ВТОРИЯ НАЦИОНАЛЕН КОНГРЕС
ПО ФИЗИЧЕСКИ НАУКИ И
41-ВАТА НАЦИОНАЛНА КОНФЕРЕНЦИЯ
ПО ВЪПРОСИ НА ОБУЧЕНИЕТО ПО ФИЗИКА

Уважаеми академик Петров,
Уважаеми дами и господа,

Позволете ми да Ви поздравя с откриването на 2-рия национален конгрес по физически науки и 41-вата национална конференция по въпроси на обучението по физика. Вашата всеотдайност и активна дейност за формирането на среда, подпомагаща развитието на физическата наука в България и стимулираща усъвършенстването и творчеството, будят уважението на цялото общество.

Вече 40 години Вашето професионално-творческо сдружение работи за образование по физика, изградено върху ценности. Поставя на фокус актуални въпроси на образованието по физика в средните училища и университетите – необходимо изискване за добри учебни и научни постижения и важно условие за изграждането на много видове специалисти по природни, технически, медицински науки. Въвежда необходимите образователни технологии за изучаване на тази фундаментална наука, определя съотношението между експеримента и теорията.

Днес научното пространство има нужда от нов подход и нови инструменти, в основата на които са поставени следните неделими елементи – сътрудничество, координация, общи приоритети и съвместни действия. Научната инфраструктура, интензивността на научните изследвания по физика и свързаните с тях проекти в национален и международен план са важен фактор при определяне на политиката в областта на науката, технологиите и иновациите, с ключова роля при изграждане на конкурентоспособна икономика, базирана на знанието.

Адмирам целите на дългосрочната програма на Съюза на българските физици за създаване на съвременен научен мироглед и развиване на творческите заложби на младите хора. Популяризирането на физиката, на нейните закони и явления, на връзката им с други области на науката и важни за обществото процеси дава своите чудесни плодове. Самостоятелно и съвместно, в колективи с учени от различни области, тук и в различни страни по света, наши учени разработват нови материали, високи

технологии, методи за прилагането на върхови открития в медицината, в приложни и оперативни дейности, свързани с опазване на живота и здравето на хората при бедствия и катаклизми. В полза на човечеството провеждат научни изследвания за физиката на Земята, атмосферата и космоса. Изявени български учени са утвърдени ръководители на екипи изследователи в световни научноизследователски центрове като НАСА, ЦЕРН, „Джон Хопкинс“ и др. Българските ученици години наред печелят балкански, европейски и световни олимпиади.

Координираната политика по отношение качествено обучение по физика и методите за оценяване на постиженията и развиване на заложените на ученици, студенти и научни работници е потенциал за определяне на целите на научните изследвания по физика през XXI век, за изграждане на бъдещите специалисти, експерти, инженери, техници и работници и връзката с внедряване на иновациите в икономиката на страната, за разгръщане на перспективите и развитие не само в национален, но и в световен мащаб.

Пожелавам ползотворна работа на 2-рия национален конгрес по физически науки и 41-вата национална конференция по въпросите на обучението по физика.

25 септември 2013 г.



Росен Плевнелиев
ПРЕЗИДЕНТ НА РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ

**ДОЦЕНТ Д-Р АТАНАСКА АНДРЕЕВА
(1947-2013)**

Дългогодишен преподавател в катедра Физика на кондензираната материя при Физически факултет на СУ „Св. Кл. Охридски“ и ръководител на катедрата (2007-2011 г.). Тя е един от основателите на биофизичното направление във факултета и основоположник на направлението биофизика на фотосинтезата.

Доц. Атанаска Андреева се отнасяше с много любов, отговорност и взискателност към своята работа и беше обичан и уважаван преподавател сред студентите и колегите.

С много тъга и обич се прекланяме пред светлата памет на нашата колежка и приятелка доц. д-р Атанаска Андреева (Начка).

Ще я помним винаги с ведрата и заразителна усмивка и с нейния професионализъм!

СФБ

АПОТЕОЗ НА ДУХОВНОСТТА: ПРИ СТИВЪН ХОКИНГ ВСИЧКО Е НЕОБИКНОВЕНО (за автобиографичната книга на Хокинг „МОЯТА КРАТКА ИСТОРИЯ” Bantam Books, New York, September, 2013)

„Телесният дискомфорт е от значение само когато душевното състояние не е в ред. Тогава ти се залавяш за някое телесно увреждане и го наричаш причина. Но ако душевното състояние е правилно, тогава телесният дискомфорт не е от особено значение.”

(Робърт Пърсиг, „Дзен и изкуството да се поддържа мотоциклет”)

Едва ли има друг жив чуждестранен учен, който да е толкова превеждан и популяризиран у нас, както е британският физик теоретик Стивън Хокинг. Началото беше поставено с превода на неговата емблематична книга „Кратка история на времето – от Големия взрив до черните дупки” (1993 г.), последвана от „Черни дупки и бебета вселени” (1994 г.) и по-нататък „Теорията на всичко” (2003 г.), „Върху раменете на гиганти” (2004 г.), „Вселената в орехова черупка” (2010 г.). Заедно с това излизат биографичните книги на Майкъл Уайт и Джон Грибин „Стивън Хокинг – живот в науката” (1995 г.) и на Джон Бослоу „Вселената на Стивън Хокинг” (2004 г.).

Посочвам само излезлите в български превод книги, защото освен научните публикации и многобройните лекции Хокинг продължава да пише популярно за най-парливите теми в космологията (и заедно с дъщеря си Люси Хокинг написва книгите за деца „Ключът на Джордж за вселената” и „Джордж търси космически съкровища”).

„Пише”, „написва”, „публикува”, „изнася лекции” – все стандартни фрази, зад които в действителност се крие небивал подвиг на човешкия дух. Защото ученият и писателят Стивън Хокинг близо 40 години е прикован към инвалидна количка, а през последните десетилетия може да общува с околния свят само с помощта на специално конструиран електронен синтезатор. Така и пише – по 2-3 думи на минута, както сам казва. Но читателят на „Моята кратка история” едва ли би се досетил за тази страна на неговия необикновен живот, ако не бяха биографиите му, написани от други автори. Стивън Хокинг не обича да се самосъжбява и да бъде съжбяван. Във всичките 13 глави на книгата едва ли ще се съберат и няколко страници, описващи неимоверните трудности, породени от ужасната му болест.

А това е рядкото и неизлечимо заболяване на двигателните нерви, наречено амиотрофична латерална склероза (АЛС), известно още като болест на Лу Гериг – по името на починалия от същата болест бейзболен играч на американския отбор „Ян-

ките”. Още когато е на двадесет и една година, Хокинг изпитва първите пристъпи на болестта и лекарите му предсказват, че вероятно му остава да живее не повече от 2-3 години. Те едва ли са могли да допуснат, че петдесет години по-късно Хокинг ще издаде книгата, която тук обсъждаме.

Преминавайки към кратко резюме на автобиографичната книга на Хокинг, ще посоча, че много от описаните в нея събития и факти вече са познати от предишните книги на и за Хокинг. Но освен с убедителната си автентичност настоящата книга впечатлява с остро формулираните мнения на автора по редица научни, философски, политически, социални и религиозни теми, с шеговитите му коментари и даже с облозите, които той прави по повод на някои нерешени космологични проблеми (например относно съдбата на информацията, попаднала в черна дупка).

Структурата на книгата е сравнително проста с почти линейна хронология. В първата глава, „Детство”, по повод рождената си дата, 8 януари 1942 г., той посочва, че това са точно 300 години от смъртта на Галилей. Но не вижда в това никакво знамение, тъй като по негови думи „в същия ден са се родили още двеста хиляди деца и едва ли някое от тях се е интересувало от астрономия”. По-нататък в тази и в следващите две глави е обрисувана семейната среда на Стивън (бащата – медик със специалност тропически болести, майката – данъчен инспектор и секретарка), увлечението на малкото момче по механични и електрични играчки, началното, средното и висшето му образование (в Оксфорд).



Дипломиране в Оксфорд

От някои хапливи бележки на Хокинг разбираме, че обучението не му е дало особено дълбоки познания или увличащи примери за избор на професия. По този повод той пише: „Физиката беше най-скучният предмет в училището, защото тя беше много лесна и очевидна...” Но физиката и астрономията според него „Дават надежда да разберем откъде идем и защо сме тук. А аз исках да надникна в глъбините на Вселената”. Обаче не

казва как и защо у него се е зародил този дързък стремеж.

В Кеймбридж (Глава 4) Хокинг подготвя докторантура под ръководството на Денис Шама. Това е време на съдбоносни за него събития. През 1963 г., когато вече е студент, се проявяват първите признаци на болестта и с научаването на диагнозата Стивън изпада в дълбока депресия. Спасява го идеята, че трябва да се осъществи даже в малкото време, с което може да разполага. По същото време се сближава със студентката по филология Джейн Уайлд, с която се оженва през 1965 г.

Раждат им се три деца, които са гордост и радост за Стивън. Към 1965 г. Хокинг

се ориентира към проблема на черните дупки и развива идеята на Роджър Пенроуз за пространствено-времева сингулярност в центъра на черна дупка. През 1966 г. защитава докторат на тема „Сингулярност и геометрия на пространство-времето”.

По-късно двамата с Пенроуз разработват теорията за възникване на Вселената от сингулярност. Тази теория е силно опровержение на теорията на стационарната Вселена, развивана по онова време от влиятелния британски астрофизик Фред Хойл (вж. *Светът на физиката*, № 1 – 4, 2009 „Четиво с продължение”).

Разделите в книгата, посветени на откритията на Хокинг, свързани с черните дупки, Големия взрив, гравитационните вълни, квантовата гравитация и др., до голяма степен представляват частично осъвременяване и допълнение на аналогичните раздели в посочените по-горе книги на Хокинг „Кратка история” и „Черни дупки”. В глава 10 по твърде забавен начин е описано създаването на първата от тези книги, която се превръща в най-четената книга на научна тема. А още през 1992 г. е създадена филмовата ѝ версия с продуцент Стивън Спилбърг.

Бракът на Стивън с Джейн след много перипетии не издържа на натрупалото се напрежение и през 1991 г. те се развеждат (Гл. 9 „Брак”). Техните отношения обаче остават приятелски и особено се подобряват, когато през 2007 г. Джейн издава книгата „Пътуване до безкрая – моят живот със Стивън”. Книгата е преиздадена през 2013 г. и по нея се подготвя филмова версия.

През 1995 г. Хокинг се оженва за своята медицинска сестра Елейн Мейсън, която на няколко пъти спасява живота му при усложненията на болестта. Но и този брак завършва с развод (2006 г.).

На пръв поглед книгата на Хокинг „Моята кратка история” е своеобразна равностметка и лебедова песен на бележития учен и човек. Но при прочитане на последната Глава 13 „Без граници”, ще се уверим, че това е равностметката на удовлетворен и изпълнен с оптимизъм човек. Хокинг пише: „Имах пълен и удовлетворителен живот... Убеден съм, че хората с телесен недъг трябва да се концентрират върху нещата, които не се ограничават от този недъг. В моя случай аз съумях да върша повечето от нещата, които исках да правя. Пътувах много. Посетих Япония 6 пъти, Русия 7 пъти, Китай 3 пъти и всички континенти, включително Антарктида, с изключение на Австралия. Спусках съм се в морските глъбини с подводница, издигал съм се високо в атмосфе-



С Джейн и двете деца Люси и Робърт
в жилището в Калифорния (Калтех)



С Роджър Пенроуз и съпругата му Ванеса

беше славно време да живееш и да правиш изследвания в теоретичната физика. Ще съм щастлив, ако съм допринесъл нещо за нашето разбиране за Вселената”.

Така зрелият Хокинг отговаря на мечтите на младия Хокинг.

рата с балон и съм участвал в полет, симулиращ нулева гравитация. Включен съм в списъка на кандидатите за космически полет.”

А ето и последният пасаж: „Моите ранни работи показаха, че класическата Обща теория на относителността става невалидна в сингулярностите на Големия взрив и на черните дупки. Моите по-късни работи показаха как квантовата теория може да предскаже какво се случва в началото и в края на времето. Това

М. Бушев

**Присъединете се към групата на списанието във facebook –
<http://www.facebook.com/worldofphysics>
за да научавате веднага новините, свързани с физиката**

СРЕЩИ В НЕБЕСАТА

Произход на хаоса и устойчивостта

Флорин Диаку и Филип Холмс

Част четвърта

УСТОЙЧИВОСТ

Устойчива ли е Слънчевата система? Строго казано, отговорът е неизвестен и до днес, и все пак този въпрос доведе до много дълбоки резултати, които може би имат по-голяма важност и от непосредствения отговор на поставения въпрос.

Юрген Мозер

Вечерта изглеждаше напълно обикновена. След вечерята Жан Лерон, като правило, преглеждаше кореспонденцията си и, ако времето позволяваше, отговаряше на някои от многобройните молби, които получаваше. Седеше пред бюрото и пишеше, когато в стаята влезе слугата със сребърен поднос, на който лежеше визитна картичка и писмо.

Жан Лерон Даламбер, великият математик, беше предразположен към уединение. Не обичаше ласкателствата и нямаше желание да се намира в една стая с човек само защото той беше богат или имаше висок социален статус. Бидейки незаконороден син на аристократ, той от горчив опит знаеше, че знатните хора невинаги се отличават и с богат дух. Скоро след раждането му, майка му го беше изоставила на стълбите пред неговата часовникова кула на Сен-Жермен-де-Рон в Париж. Приемните му родители го бяха кръстили Жан Лерон, а по-късно той бе добавил към името си Даламбер.

Препоръчителните писма, пристигнали в този ден, бяха написани за млад, осемнадесетгодишен младеж от Бомон-ан-Ож от Нормандия. В тях няколко влиятелни хора превъзнасяха математическите способности на младия човек и молеха Даламбер да го приеме и му помогне. Явно те малко познаваха характера на знаменития математик, защото инак не биха си позволили такива препоръки. Мнението на слабо информираните хора не впечатляваха Жан Лерон. Достатъчно добре неговата личност се характеризира със събитие, което се случи с него малко по-късно.

Фридрих Велики предлага на Даламбер най-престижната длъжност, за която може да мечтае учен по онова време: президент на Берлинската Академия на науките. Всеки би го приел с признателност, но не и Даламбер. В писмо, с което той се отказва от това назначение, той обяснява, че подобно на голяма част от хората, и той е жадувал за почести и богатства, но е достигнал до извода, че трябва да се откаже от тях. В замяна е получил идеално здраве и душевно спокойствие, които според неговите разбирания представляват единствената награда, към която трябва да се стреми философът.

Случката с талантливия млад човек много скоро се изпарява от паметта на Даламбер. Обаче след няколко дни той получава дълго и впечатляващо есе, посветено на общите принципи на механиката, подписано от име, което му се струва познато: Пиер Симон. Замисляйки се за няколко секунди, той се сеща, че това е онзи младеж с препоръчителните писма от влиятелни хора. „Това момче няма нужда от препоръчителни писма – си помислил той с усмивка. – Той отлично знае как сам да се представи.” И без да се бави Даламбер му изпраща отговор, в който му предлага да се срещнат още на другия ден.

Стремеж към порядък

Съществува стремеж към вечността, който се проявява от време на време при всеки човек. Независимо колко самолюбиво изглежда това, ние всички се стремим да продължим живота си колкото се може по-дълго. Първото изискване за това е безопасността, увереността, че нашият свят не е опасен. Надяваме се, че нашите градове ще бъдат в безопасност и страните ни няма да водят войни. Искаме нашите деца да растат в мир и да бъдат щастливи. В най-общ смисъл, ние вярваме, че обкръжаващата ни среда няма да претърпи радикални промени.

От времето, когато човечество разбира, че нашият дом е малка уязвима планета в голямата Слънчева система, учените си задават въпроса относно продължителността на нейното съществуване. Ние изцяло зависим от енергията на Слънцето; разстоянието до него се оказва идеално за зараждането и развитието на живот. Да беше малко по-малка или малко по-голяма, и живот, в известния ни вид, на синята планета можеше и въобще да няма.

Но още преди много години астрономите са забелязали, че движението на Земята и другите планети не са идеално правилни и периодични. Това е предизвикало у тях въпроса: а ще се движи ли Земята вечно по своята орбита около Слънцето? Може ли тя да напусне своята сегашна орбита и да се измести някъде по-далеч в Слънчевата система или, което би било още по-лошо – да се сблъска с някое друго голямо тяло от рода на астероидите или кометите? Днес ние разполагаме с множество свидетелства, че сблъсъци с предмети от среден размер са се случвали в миналото, предизвиквайки изменения в климата и метеорологичното време, достатъчно резки, за да изтрият от лицето на Земята динозаврите, например. През лятото на 1994 г. парчета от кометата на Шумейкър-Леви се сблъскаха с Юпитер. В околностите на тази планета неотдавна астрономите забелязаха кометата на Суифт-Тътл; предварителните пресмятания, основаващи се на оценки на орбиталните им елементи, водят до вероятности за сблъсък на тази комета със Земята през 22 век, равен на 1:40. Какво още можем да очакваме в бъдеще?

Век преди появяването на толкова определени свидетелства, подобни въпроси са довели математиците до понятието за *устойчивост* – фундаментална концепция при изучаване на природата. По принцип устойчивостта се отнася към явления, свързани с флукуациите. Ако в динамичната система се появяват неголеми изменения, запазва ли

тя своето състояние? При това съществуват десетки определения за устойчивост, всяка от които има различен смисъл, зависещ от контекста. Много от тях са взаимосвързани, някои предполагат други или произтичат от тях. В края на втора глава споменахме за теоремата на Поанкаре за възвратите, представяща слабия тип на устойчивост, когато ние искаме само системата от време на време да повтаря своето поведение. Сега ние ще разгледаме устойчивост, която от физична гледна точка може да се окаже най-простата за разбиране, но от гледна точка на математиката – може би най-сложната: устойчивостта на планетите по техните орбити около Слънцето.

Казва се, че Слънчевата система е устойчива, ако между съставлящите я тела не се случват сблъсквания и ако нито една планета при никакви обстоятелства не може да я напусне. В термините на задачата за n -те тела това означава, че в дадената система не съществуват сингулярности и че никаква частица няма да я напусне, даже в безкрайно бъдеще или минало. (Когато преминаваме от физическа Слънчева система към математическа задача за n -те тела, ние пренебрегваме факта, че Земята е само на четири или пет милиарда години. Точковите маси, въртящи се по орбити в идеалния свят на диференциалните уравнения, могат да се въртят по тях вечно.) Това е достатъчно слабо определение за устойчивост. Тя изисква само ограниченост и постоянство. Ясно е, че катастрофи не трябва да се случват, но нищо не се казва за това колко близко към настоящите си орбити трябва да се намират планетите. (Освен това, задачата за n -тела не обръща никакво внимание на това, че Слънцето, в крайна сметка, изразходвайки своето ядрено гориво и раздувайки се до червен гигант, пътъм ще стопи Земята до пепел.)

Единственият начин да се разгледа този проблем с математическа точност е да се напишат и изучат уравненията, описващи Нютоновия модел на Слънчевата система: задача за десет тела, едно от които (Слънцето) е с много голяма маса, а деветте останали са с малки маси. Установено е, че планетите се въртят около Слънцето по *почти* елиптични орбити. Защо тези орбити не са идеално елиптични? В рамките на модела на Нютон това се обяснява с факта, че орбитите на всяка планета се намират под някакво влияние от движенията на другите планети, вследствие на което те описват не идеална елипса, а фигура близка до нея. Естествено е, че задача за n -тела от такъв тип се нарича *планетарна задача*.

По такъв начин става ясно, че до Нютон някакво строго научно изучаване на устойчивостта на Слънчевата система не е могло и да има. Въобще, първите резултати, свързани с този проблем, се появяват век след излизането от печат на *Principia*. Обаче общият проблем за устойчивостта възниква далеч преди това – още в антични времена.

Гръцките учени философи Аристотел и Архимед подхождат към този проблем от две различни гледни точки. Първият го разглежда от позицията на кинематиката. Вземайки като пример наклона на везните и предметите, лежащи на плоските им чаши, той размишлява за силите, които могат да нарушат равновесното състояние, и какви движения могат да протекат вследствие на тяхното въздействие. Архимед пък използва геометричната гледна точка. Неговото изследване на падането на телата демонстрира важността на формата на телата и положението на центъра на тежестта.

Обръщайки поглед назад, сега ние можем да кажем, че Аристотел е изучавал този проблем от позицията на експеримента (въпреки че на практика той никога не е правил опити), а Архимед – с построяване на математични модели. По това време понятието за устойчивост все още не е съществувало. Изглежда, пръв термина „*stabilitas*” използва в своето стихотворение „*De Rerum Natura*” („*За природата*”) латинският поет Лукреций. Този термин се появява в откъс, където той говори за устойчивостта на света и тежките предмети.

Гърците и римляните са живеели в свят, където е господствало триенето. Всички са предполагали, че за да продължи тялото да се движи, към него трябва да се приложи сила. И едва в „Диалог за две науки” Галилей въвежда идеализацията като гладки тела, свободни от триене. Вероятно той е бил и първият „физик”, провел внимателно обмислени опити. Неговите опити с топчета, търкалящи се наклонени плоскости, дават съществен принос при формулирането на нютоновите закони на движение. Почти по същото време се появяват и споделят концепциите за равновесие и устойчивост. Торичели изобретява барометъра и очевидно пръв ясно описва *неустойчивото* равновесие. Дотогава основно внимание се е отделяло на статичното равновесие. Впоследствие Хюйгенс, интересуваш се от часовници с махало, въвежда динамичните идеи, но всички тези първи изследователи, очевидно, са мислели за устойчивост по отношение на крайни пертурбации. А безкрайно малките пертурбации, толкова важни за съвременните изследвания на устойчивостта, се е наложило да изчакат изобретяването на изчислителни методи в края на седемнайсетия век.

В първа глава ние вече видяхме, че откриването на хаоса от Поанкаре възниква от опитите да се докаже пълната му противоположност – устойчивостта. Както често се случва в математиката и науката въобще, нещо ново се появява тогава, когато се търси нещо съвсем друго. Понятието за устойчивост е било важно не само по себе си, но е подействало и като катализатор за научния напредък. В този смисъл може да се каже, че това понятие е вдъхновило и създало революцията на хаоса.

Сега е моментът да разкажем и за по-ранните опити да се докаже устойчивостта на задачата за n -тела.

Маркиз и император

Пиер Симон представя първия си научен труд за обсъждане пред Френската Академия, когато е само на двайсет и четири години. Неговата статия съдържа забележителен резултат, свързан с планетарната задача, твърдяща че Слънчевата система е устойчива.

Роденият през 1749 г. в селско семейство в Бомон-ан-Ож (департамент Калвадос, Нормандия) Пиер Симон бързо установява своя необикновен математически талант. Посещава курсовете във военната академия в Бомон и даже известно време преподава там. Именно по това време той се запознава с няколко състоятелни хора, които му оказват подкрепа, оценявайки редките му способности в точните науки. На осемнадесетгодишна възраст, благодарение на препоръките и влиянието на Даламбер, той е вече професор в Парижкото военно училище. Впоследствие Пиер Симон е назна-

чен в катедрата по математика в знаменитото Висше Нормално училище. Той преживява Революцията и управлението на Наполеон, а след възстановяването на монархията Луи XVIII става маркиз дьо Лаплас. Неговата репутация и авторитет във френската наука през осемнадесети век може да се сравни само с тази на Лагранж.

За разлика от Даламбер, Лаплас е бил доста по-сложна личност. От една страна, в продължение на целият си живот той се е стремил да прикрие своя произход, но от друга – помага на много бедни младежи, стремящи се да попаднат в математиката. Той е бил силен и настойчив в науката, но слаб в обществения живот и е бил склонен да приема всякакви титли и почести, без да ги е заслужил. Далеч невинаги е признавал, че някои неща той дължи на другите, например на Лагранж, за което ще говорим сега.



Пиер Симон Лаплас

През 1785 г. Лаплас вече е бил пълноправен член на Френската Академия на науките. През тази година става едно събитие, което изменя неговия живот, обръщайки го към политиката. Изпълнявайки обичайните си академични задължения, той изпитва шестнайсетгодишен кандидат, който му прави впечатление. Юношата се оказва Наполеон Бонапарт. Впоследствие, когато Наполеон идва на власт, отчасти и поради това Лаплас получава богатство и власт. Но независимо че се изкачва във високите кръгове на обществото, той цял живот продължава да работи в областта на математиката със същия успех и ентузиазъм, както и в младостта си.

Интересите на Пиер Симон били обширни. Той е направил фундаментални работи по теория на вероятността, обобщавайки ги във фундаменталния си труд „Аналитична теория на вероятностите“, и между другото написал и великолепно есе за законите на случайностите. Сега нас ни интересува петтомният му шедевър „Трактат по небесна механика“. За двайсет и петте години, посветени за написването му, Лаплас събира в нея най-важните постижения в тази област от времето на Нютон, като включва и нови идеи и резултати. Впрочем, именно Лаплас е този, който въвежда термина „небесна механика“. А за онези, които не са в състояние да вникнат и разберат всички детайли и абстракции на този колосален труд, Лаплас написва *“Exposition du systeme du monde”*, който се оказва една от най-успешните популярни книги, написани някога.

Император Бонапарт сам добре се е оправял с математиката; някои резултати в елементарната геометрия и до днес носят неговото име. Скоро след появяването на „Трактата“, той поканил Лаплас, за да обсъдят някои от идеите, изложени в книгата. Главната нейна цел е да обясни (чрез нютоновото притегляне) съществуването на

цялата Слънчева система и явленията, протичащи в нея. Лаплас е бил атеист и никога не е споменавал Бог, за разлика от всички предишни статии и книги по тези проблеми, започвайки от Галилей и Кеплер. Наполеон пък е бил велик войник, свикнал да побеждава. Притежавал власт, огромната част от хората се бояли от него и затова считал, че е над тях. И сега му се приискало да покаже превъзходство над Лаплас и му написал: „Ти си написал тази огромна книга за устройството на света, без да споменеш ни веднъж името на Създателя на Вселената?“

В светски разговори Лаплас е умее да се изказва двусмислено, но когато ставало дума за наука, той винаги е говорил прямо. И никога не се отказвал от казаното. Книгата му се базирала на една-единствена аксиома: частиците на материята се притеглят една към друга в съответствие със законите на привличането. С нейна помощ той успява да обясни всичко. И въпреки това, при дадените обстоятелства абсолютната му откровеност е могла да му навлече сериозни неприятности. Но осъзнавайки опасността, той дал прям и честен отговор: „Сир, тази хипотеза не ми беше необходима“.

Наполеон внимателно поглежда Лаплас в очите. Стариият учен го гледа с достойнство и гордост. В този момент нищо не може да разколебае Пиер Симон. След кратко неловко мълчание императорът сменя темата на разговора. По-късно, когато Наполеон разказва случая на Лагранж, той измъква: „Но това е чудесна хипотеза; тя обяснява много неща“.

Първият важен принос на Лаплас става неговият научен труд за устойчивостта, написан през 1773 г. Централната теорема на тази статия твърди, че *в първо приближение разлагането в ред по ексцентрицитетата на главните оси не съдържа векови (секулярни) членове*. За какво ни говори този технически език? *Главната ос* на планетата се определя като отсечката АВ на рис.4.1. Това е най-дългата права, съединяваща две точки на елипсата, образуваща орбитата на тази планета. Както вече отбелязахме, в присъствие на повече от две тела дължината на тази отсечка обикновено се изменя с времето. Орбитата се оказва непостоянна елипса с изменящ се размер. Ако това изменение е значително, траекторията на планетата може да стане неограничена.

Главната ос определя размера на елипсата, а *ексцентрицитетът* характеризира формата ѝ – той описва доколко формата ѝ е близка (или далечна) до окръжността. Големи стойности на ексцентрицитетата съответстват на дълги и плоски елипси. Да се определи ексцентрицитетът във вид на ред от първа степен означава да се вземе някаква приблизителна оценка. Приближение във вид на ред от втора степен обикновено дава някаква по-точна оценка в сравнение с приближението от ред от първа степен, но по-малка от приближението от трета степен и т.н. Подобен метод се нарича *теория на пертурбациите (смуценията)*, тъй като ние вземаме известно решение на по-проста, но аналогична задача и постепенно го видоизменяме, за да стигнем до максималното приближаване към истинското решение, което не можем да изчислим точно. За да използваме теорията на пертурбациите, трябва да имаме малък параметър, чрез който става развиването в ред. В дадения случай съвсем естествено е за такъв параметър да бъде избран ексцентрицитетът – малко отклонение от кръговата орбита. (Да напомним

ним, че голяма част от работите на Поанкаре, описани в първа глава, бяха свързани с приближенията с редове и тяхната сходимост.)

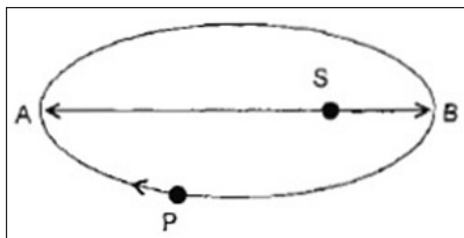
Вековете членове означават линейно (или по-бързо) нарастване на времевата променлива в някои изрази. Понеже нас ни интересува как времето тече към безкрайност, напълно е възможно да се случи така, че изразът, съдържащ такива членове, да не остане ограничен. Ако в *точни* пресмятания, а не в *приближения* на степенни редове, *не* се появяват векови членове, можем да направим извода за устойчивост, понеже всички величини, характеризиращи пертурбациите на елипсата, остават постоянни. Ако пък се появяват векови членове, то резултатът може да води както до устойчивост, така и до неустойчивост. Но ако искаме да бъдем точни, устойчивост можем да получим и в случая, когато тези членове по някакъв начин останат скрити или се съкратят, така че окончателният израз да остане ограничен. В противен случай системата ще бъде неустойчива. Както и да е, приближената оценка не може да даде окончателен отговор на поставения въпрос.

Така става ясен статутът на резултата, получен от Лаплас. Показвайки, че в първо приближение вековете членове отсъстват, той не доказва устойчивостта, а само че не е успял да покаже неустойчивостта в решаването на дадения математичен модел. Нещо повече, даже да беше успял да докаже устойчивостта, то това щеше да се отнася не към самата Слънчева система, а към задачата за n -тела.

И все пак, това е важен резултат в небесната механика. Дотогава научната общност не е изразявало ясно мнение по повод устойчивостта. Нютон, Ойлер и други, опитвайки се да разберат орбитата на Луната, се сблъскали със сериозни проблеми. Предполагайки, че движението на планетите е съпроводено с още по-сложни проблеми, те не са се опитвали да поставят по-общия въпрос за устойчивостта. Поставянето на този въпрос става възможно благодарение на подробните изчисления на Лаплас и защото той посява семената на общия метод. По такъв начин създаденият от Лаплас метод на теорията на пертурбациите е имал огромна историческа важност: предлагал е път, по който оттогава преминават мнозина. Вероятно най-важното следствие от този метод е било откритието на Нептун в средата на деветнайсети век, след предсказания на Адамс и Леверие.

Музика на сферите

Следващият принос е направен по-рано от очакваното. През 1774 г. в събитията се включва Жозеф Луи, граф де Лагранж. Той е роден в Торино през 1736 г. и има италиано-френски произход. По-стар е от Лаплас с тридесет години, но историите им са удивително подобни. Жозеф Луи е бил принуден да започне работа отрано, понеже



Фиг. 4.1. Главната ос AB на планетата P е главната ос на елипсата, която се смята за нейна орбита около Слънцето S



Жозеф Луи Лагранж

в резултат на някаква глупава финансова операция баща му губи цялото си състояние. На шестнадесетгодишна възраст Лагранж е назначен за професор по геометрия в Торинското артилерийско училище. На двайсетгодишна възраст той написва и изпраща на Леонард Ойлер статията си за *изопериметричните свойства* (свойства на две или повече геометрични фигури, които имат еднакъв периметър). В нея той представя идеи, които впоследствие поставя в основите на *вариационното смятане*. Днес то представлява отделна област на математиката. След това Лагранж става директор на научния отдел на Кралската академия в Берлин и, в края на краищата, е избран за Института на Франция, който заменя Френската Академия на науките.

Кариерата на Лагранж е толкова успешна, колкото и на по-младия Лаплас. Но основното: Жозеф Луи винаги намира добри думи за всекиго – и за познати, и за непознати. Независимо от собственото си положение, той помага на много нуждаещи се. Той не се жалва, че Лаплас не му отдава дължимото за неговия принос. Покрай математиката той се интересува от много други неща, тоест притежава ерудицията на мислител и съзерцател, опитващ се да разбере света като единно цяло. Той не е изпитвал неприязън към никой, а сърцето му е било толкова огромно, колкото и знанията му.

Много рано Жозеф Луи се заинтересувал от проблемите на небесната механика. Той е бил аналитик и пръв въвежда аналитичния език в математиката в противоположност на геометричните методи, наследени от гърците и използвани от Нютон в труда си *Principia*. В различни периоди Лагранж работи над задачата за трите тела и някои решения, свързани със състоянието на равновесие, носят неговото име. Много години той посвещава на тази и други задачи на небесната механика.

През 1764 г., когато той е само двадесет и осемгодишен, спечелва Голямата награда на Парижката Академия на науките за научния труд по либрациите на Луната. От Земята изглежда, че Луната винаги е обърната към нашата планета само с едната си страна, а обратната ѝ страна видяхме едва когато беше фотографизирана от първите космически спътници. Но в действителност, малки обръщания наляво или надясно ни показват малко повече от половината – около 60% от нейната повърхност. Тези колебания се наричат *либрация*. Лагранж успява да обясни това явление с помощта на Нютоновите закони за гравитацията.

Втори път той спечелва наградата на Академията през 1766 г., решавайки още по-сложна задача. Той обяснява някои неравенства в задачата за шест тела, образувани от Слънцето, Юпитер и четирите най-големи спътници на Юпитер: Йо, Европа, Ганимед и Калисто – единствено известни по онова време. През 1772 г. Лагранж получава още една премия на парижката Академия за труд, посветен на задачата за трите тела. Така

че базата за подхода към въпроса за устойчивостта е изградена. И през 1774 г. той се захваща с нея.

Работейки над сложната задача, Лагранж се стреми да се посвети напълно на нея. Това за него е било особено сложно, защото ежедневните събития и задължения, неизбежни за неговото положение, постоянно нарушавали спокойствието му. На един от големите приеми, устройвани от Фредерик Велики, Жозеф Луи, както обикновено, витаел в облаците. Вече много седмици мислите му били съсредоточени на задачата за устойчивостта, понеже по никакъв начин не успявал да преодолее някои технически усложнения. В сияещата, залята от светлината на свещите зала, с него се поздравявали и желаели да побеседват много хора и по силата на своята природна вежливост той не отказвал на никого. А толкова искал да се съсредоточи върху своите размишления, но за съжаление мястото съвсем не било подходящо за това. Най-накрая церемониал-майсторът обявил началото на концерта. Лагранж се усмихнал – именно това и чакал. Един от неговите приятели вижда как на лицето му се появява задоволство и го пита: „Вие наистина ли толкова обичате музиката?“. Жозеф Луи не може да задържи смеха си. „Да, – отговаря той. – Аз я обичам, защото тя ми дава възможност да остана сам със себе си. Чувам първите три такта, на четвъртия забравям за всичко и се отдавам на мислите си; нищо не ми пречи и именно така съм решил не една сложна задача“.

И тази вечер не става изключение за Лагранж. Той потъва в тишината на музиката, получавайки възможността да изследва вътрешния свят на своя разум и да се уединени в своя частен процес на откритие. Спомня си нерешените моменти на задачата и започва да се задълбочава в тях, все по-дълбоко и по-дълбоко, постепенно приближавайки се до решението. Към края на концерта той прави важна крачка напред. Лагранж с нетърпение очаквал завръщането си в къщи, където да може да направи някои окончателни пресмятания.

В периода от 1774 до 1776 г. Лагранж разширява резултатите, получени от Лаплас и свързани с устойчивостта, по следния начин: той доказва, че *за приближения на ексцентрицитетите на елипси (задаващи орбитата на планетата) от какъвто и да е порядък, за приближения на синуса на ъгъла на взаимните наклони от всякакъв порядък по масите, Слънчевата система е устойчива в смисъл на отсъствие на векови членове*. Това твърдение се отличава с още по-голяма сложност и техничност от това на Лаплас и ние даже няма да се опитваме го изясняваме напълно. Смисълът му е в това, че приближения от всякакъв порядък на ексцентрицитета се отчитат и други, по-точни оценки, като всичко е направено относно приближението от първи порядък, получено при пертурбация на масите. В приближенията на редовете Лагранж използва *три* малки параметъра: ексцентрицитет, наклон на равнината на орбитата и отношението на масата на планетите към масата на значително по-голямото Слънце.

Този подход позволява да се обобщи резултатът на Лаплас при използване на по-точни приближения в по-малък мащаб в сравнение с използвания от маркиза. Въпреки това, новият подход не решава задачата напълно: тези оценки осигуряват подобрения,

но не идеалния модел на физическата реалност. И все пак това е бил забележителен резултат, показващ, че Слънчевата система наистина може да бъде устойчива.

С небесна механика Лагранж се занимава до края на живота си. Последното му постижение го подбужда към изучаване на движението на Луната и смущенията в движенията на кометите. Публикува редица научни работи, за които получава и нови премии. Освен това, той продължава да развива аналитичните методи от по-общ характер в механиката и през 1788 г. публикува своя шедевър „Аналитична механика”. Решението за това начинание той взема още когато е деветнайсетгодишен. В тази книга той за пръв път излага идеята за това, че механиката представлява четиримерна механика, в която се използват три пространствени координати и една времева. Тази оригинална гледна точка става известна едва тогава, когато Айнщайн я полага в основите на своята теория на относителността. Покрай другото, Лагранж създава метода на теорията на пертурбациите, който Лаплас използва за изчисляване на устойчивостта, и я прави общодостъпна. Казано най-общо, своите идеи той излага много по-ясно, отколкото много автори на съвременни учебници. Например, немският физик Ернест Мах описва „Аналитичната механика” като „грандиозен принос за икономия на нашето мислене”, а Уилям Роуан Хамилтън я нарича „научна поема”. Забавно е да се знае, че Лагранж се е гордеел с това, че свел механиката към чист анализ, че във великата му книга няма нито една цифра.

Ако трябва да се каже кратко, методът на пертурбациите работи по следния начин. Да предположим, че имаме диференциално уравнение, което може да се реши напълно, получавайки явни формули за решението като функция на времето, а ние искаме да решим друго уравнение, „близко” до даденото, в смисъл, че неговото векторно поле е леко изменено в сравнение с изходното. Естествено е да очакваме, че решението на второто уравнение ще бъде близко към това, което току-що сме намерили. Всяко такова решение ще съдържа *параметри*, броят на които е равен на размерността на пространството на състояния и които ще се определят от началните условия на разглежданото частно решение. За изходната задача всички те остават постоянни: всъщност те представляват подходяща суперпозиция на фундаменталните решения, необходими за съответствие на дадените начални условия.

Методът на пертурбациите на Лагранж позволява тези параметри да се изменят с времето, при това ключовото допускане е, че това става *бавно*, т.е. разликата между новата задача и изходната е много малка (затова този метод понякога парадоксално се нарича *вариация на константите!*). Той често ни позволява да изразим решението във вид на произведение на бързи трептения и бавен дрейф, и може да се изведе уравнение за бавно изменящите се членове, осреднявайки натрупаните пертурбации, създадени от бързите трептения. Тези осреднени уравнения обикновено са по-прости от изходните, затова те могат да бъдат решавани, а техните решения да се използват за получаване на по-точни приближения за „истинското” поведение в сравнение с изходното непертурбативно решение. В контекста на небесната механика, бързите трептения могат да бъдат годишните въртения на планетите около Слънцето, а дрейф

– прецесията (бавното въртене) на елиптичната орбита, която остава неподвижна във Вселената на двете тела.

Научният талант на Лагранж, както и на Лаплас, е бил високо ценен от Наполеон Бонапарт. Императорът е наричал Жозеф Луи „най-голямата пирамида на математическите науки“. Лагранж е бил назначен за сенатор, граф на Империята и накрая за Велик офицер на Почетния легион. За неговите многобройни постижения той е получил пълно признание не само в научните кръгове, но и в обществото. За съжаление, в личния си живот той невинаги е бил щастлив. Първата му съпруга умира млада, а да се жени повторно Жозеф Луи не се стремил усърдно. Двете следващи десетилетия от живота му са белязани с продължителни депресии, които вероятно са били предизвикани от непрекъснатата му работа. А след това става чудо: младата дъщеря на астронома Лемоние е така впечатлена от нещастieto на Лагранж, че го моли да се ожени за нея. Жозеф Луи, който по това време е навършил петдесет и шест години, осъзнава сериозността на този жест и жертва от младото момиче, но в края на краищата се съгласява. Въпреки всички скептични очаквания, техният брак се оказва изключително щастлив и преобразява останалите двадесет години от живота на Лагранж.

Независимо от потресаващия терор, който е последвал Революцията, Лагранж активно се опитва да усъвършенства университетското образование във Франция. През 1794 г. той основава учебно заведение, впоследствие превърнало се в Политехническото училище. Той преподавал също и в Нормалното училище, където асистент му е бил Лаплас.

През есента на 1813 г. Лагранж се разболява. Усещайки, че краят му е близо, той събира близките си приятели, за да се прости с тях. Спокойно обяснява, че забелязва постепенното намаляване на физическите и умствените си сили и че напуска живота без болка и съжаление. „Смъртта е единственият абсолютен покой за тялото. Аз искам да умра – казва той. Наистина, искам да умра и съм удовлетворен, че жена ми не иска това. В такива моменти ми се иска да не съм имал такава добра жена, която влага толкова усилия, за да поддържа моите сили и да ми позволи спокойно да напусна живота. Направих кариера, прославих се донякъде в математиката. Никога и към никого не съм изпитвал ненавист, не съм направил нищо лошо и с радост ще си отида от живота...”

След два дни, сутринта на 10 април 1813 г., Жозеф Луи Лагранж затваря завинаги очи. Оплакан от многобройните си приятели, от Франция и целия научен свят. Тялото му почива в Пантеона, наред с телата на други велики държавни дейци и герои от войните. Но Вселената на неговите идеи е жива и до днес.

Вечният възврат

Изследванията на устойчивостта на Слънчевата система не завършват със смъртта на Лагранж. През 1809 г. друг френски математик, Симеон Дени Поасон, прави още една крачка напред. Той доказва, че *главните оси на планетите не съдържат чисто векови членове в пертурбациите от втори порядък по масите*. Поасон предлага по-



Симеон Дени Поасон

точно приближение отколкото Лагранж и в по-голяма степен потвърждава устойчивостта, но и така не решава задачата докрай.

Симеон Дени Поасон принадлежи към новото поколение френски математици, на които е съдено да се изият във великите постижения на анализа на XIX век. Когато се появяват резултатите по устойчивостта, той е двадесет и осемгодишен и е на границата да се превърне в лидер в теорията на диференциалните уравнения. Подобно на своите предшественици Лаплас и Лагранж, неговият вкус към математическите изследвания е съчетан с равен талант и във физиката. Има редица приноси в математичната физика, хидродинамиката, електростатиката, магнетизма, балистиката и теорията на еластичността. Знаменитото частно диференциално уравнение, което сега носи неговото име, се използва и

в звездната динамика. Ако се смени знакът на една от константите в това уравнение, то се получава модел, използван във физиката на плазмата. (Това наблюдение дължим на руския математик А.К.Власов, който пък е един от учителите на А.А.Колмогоров). Това уравнение се появява в теорията на еластичността и механика на непрекъснатите среди, което по забележителен начин демонстрира обединяващата сила на математиката.

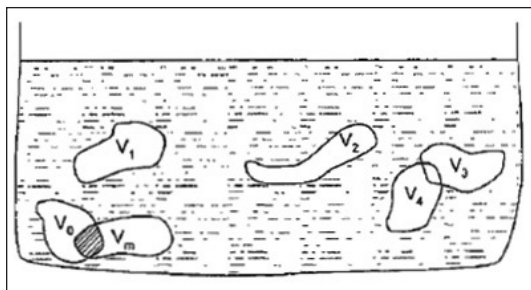
Покрай всичко това Поасон предлага ново определение за устойчивостта, отличаващо се от определенията на Лаплас и Лагранж. Неговите предшественици са изисквали главните оси на елипсите да остават в рамките на някакви граници. Симон Дени Поасон не счита така. Той казва, че движението на системата частици е устойчива, ако конфигурацията отново и отново се връща в околността на началното положение. Въпреки че в този смисъл на устойчивостта такива се явяват и точките на равновесие, подобни на изобразените на фиг. 1.6 (част 2 от Четивото), това определение е значително по-обширно и включва и други движения, чиято устойчивост не е така очевидна. Определението за устойчивост на Поасон става отправна точка за теоремата на Поанкаре за възвратите, за които вече споменахме.

Преди да изоставим френската математическа наука и да пренесем нашето повествование в Източна Европа, нека опишем устойчивостта в смисъла, използван от Поасон. Както вече споменахме, първата част на последния том на „Новите методи...“ разглежда именно такова движение. Един от главните резултати, които описва в този раздел Поанкаре, е неговата *теорема за възвратите*. Както видяхме, тя се появява още и в научния му труд, получил премията, публикуван в *Acta*. За задачата на трите тела тази теорема звучи по следния начин: да предположим, че в даден момент три гравитиращи частици заемат някакво начално положение. Да допуснем, че сблъсъци между тях не се случват и всички движения остават ограничени. Тогава, след достатъчен интервал от време, частиците ще се върнат много близко до първоначалното си

положение, ако не и точно в него. Но понеже веднъж върнали се в началното положение, същия аргумент можем да използваме, за да заключим, че частиците трябва да се възвръщат в положения, близки към началните, *безкрайно* често. Поанкаре показва, че това свойство е вярно за всички, освен за пренебрежително малко множество начални условия, т.е. за изключение на множества с нулева мяра на Лебег.

Този важен резултат, използван също в кинетичната теория на газовете, впоследствие поражда цяла област на математиката, наречена *ергодична теория*, в която много важен принос има Джордж Дейвид Бирхоф. Както споменахме по-рано, на този предмет Поанкаре посвещава почти половината от третия том на своя труд. Независимо от това, идеята, която стои зад доказателството на теоремата за възвратите, може доста лесно да се разбере и затова ние ще я опишем накратко.

Да разгледаме обем, пълен с вода, както е показано на фиг. 4.2, и нека предположим, че течността се намира в непрекъснато движение. Да означим с V_0 обем с вода в някакъв начален момент на времето t_0 . В някакъв по-късен момент t_1 молекулите, които са се намирали във V_0 , ще преминат в новата област V_1 . Но V_1 може да има съвсем друга форма от V_0 , обаче водата е несвиваема течност и затова обемът на двете области трябва да бъде еднакъв. В последователните моменти $t_2, t_3, \dots, t_n, \dots$, тези молекули ще заемат други положения – $V_2, V_3, \dots, V_n, \dots$. Ние твърдим, че в някакъв (краен) момент на времето t_n съответстващият му обем V_n , който ще заемат молекулите на водата, трябва частично да съвпада или да се пресича с началната област V_0 . Ако това не се е случило, то всички обеми $V_0, V_1, V_2, V_3, \dots, V_n, \dots$ трябва да бъдат разделени, вследствие на което пълният обем, в който се движи нашата капка течност, би трябвало да продължава да се разширява и, в края на краищата, би превишил първоначалния обем, в който се е съдържал. (Този метод на доказателство – от противното, е широко разпространен в математиката.)



Фиг. 4.2. Доказателство на теоремата за възвратите

В приведените разсъждения ние въобще не използвахме фактическата мяра на началния обем V_0 и затова можем да го вземем да бъде както много голям, така и много малък. Ако V_0 е много малък, то наличието на общи точки между V_m и V_0 означава, че някои молекули трябва да се върнат близко до своите начални положения, въпреки че за това ще им трябва много време. Именно този извод се прави от теоремата за възвратите. В нашето „доказателство“, за да представим фазовото пространство, използвахме тримерен обем с вода, но даденият аргумент може да се използва и за n -мерно фазово пространство за всяка динамична система при условие, че n -мерният аналог на обема *се запазва* за потока диференциални уравнения или итерациите на отражение [2]. Както вече отбелязахме, обемът на фазовото пространство, като правило,

се запазва за небесните и механични системи благодарение на законите за запазване в Нютоновата механика.

Интересно е да се отбележи, че в поправения вариант на своя научен труд, публикуван в *Acta*, Поанкаре използва теоремата за възвратите, за да изведе съществуването на безкрайно много хомоклини орбити. Самата теория се появява и в двата варианта на неговата публикация.

Сега е необходимо да се направи още една бележка. Предположихме, че обемът V_0 е положителен. Ако той има нулева мера по Лебег, то нашето разсъждение губи смисъл, понеже обемът, в който се движи капка с нулев размер, не може да расте. В действителност, ако се идеализират молекулите на водата, разглеждайки ги като точки, може да се твърди, че съществуват някои точки, които никога не се завръщат в околността на своето начално положение. Впоследствие тази правилна формулировка на теоремата за възвръщането трябва да изключи множеството начални условия с нулева мяра на Лебег. Тази необходимост обаче никак не намалява ценността на получения резултат, понеже множеството на случаите, които трябва да се изключат, има пренебрежимо малък размер.

По съвременната терминология се казва, че свойството на рекурентност е *свойство на общото положение*, подразбирайки под това, че го удовлетворяват почти всички решения. Това е още една новаторска гледна точка, която дължим на Поанкаре. Дотогава всички са предполагали, че само *един* пример, противоречащ на някакво правило, го опровергава. Поанкаре не е съгласен с това. Не са го впечатлявали даже *безкрайно многото* примери, противоречащи на някакво правило, ако тяхното появяване е малко вероятно. На кого ли му е до тях, ако тяхната мяра е пренебрежимо малка в сравнение с огромното количество от всички възможности и ако всички останали следват този пример? Централната задача на теорията на динамичните системи в наши дни се свежда до намиране на такива общи свойства на математичните обекти и събития във фазовото пространство.

Прозрението на Поанкаре става още по забележително, когато разберем, че по това време понятието за мяра още не е съществувало. Очевидно той го е почувствал интуитивно и го е използвал в своите „нови методи...” Според Имануел Кант разбиране без интуиция е пусто, а интуиция без разбиране е сляпа. Ако се вярва на немския философ, то Поанкаре е правил своите открития със затворени очи. Но как добре е виждал.

Смущавайки света

Войната продължавала. След многовековно господство на османлиите Румъния провъзгласява своята независимост. Била е тежка зима, но добрите вести за сраженията на Балканския фронт, на юг по Дунава, достигали даже до вътрешните райони на страната. Малко хора са се съмнявали, че румънската армия е близко до окончателната победа.

Утрото на 31 януари 1878 г. не се различава по нищо от другите дни. Хората в Букурещ се редят на опашки за вестници, надявайки се да прочетат за новите успехи

в борбата за толкова младата и крехка свобода. Но ги очаква голяма изненада. Основната статия не е посветена на войната, а съобщение за културна победа: Спиру Аретю става първият румънски математик, получил степента доктор на математичните науки в Париж. Наскоро младият математик успешно е защитил докторската си дисертация. По това време такива събития са редки, броят на докторските дисертации във всички области е толкова малък, че естествено, тази научна степен, първата по рода си, получава особено внимание, достойна за гордост и място на първа страница на вестниците. И наистина, на следващия ден вестник *Romanul* сравнява постижението на Аретю с неотдавнашната победа на румънската армия около Плевен. В продължение на



Спиру Аретю

повече от хиляда години трите княжества, образуващи днешна Румъния, са помагали да се защитава Централна и Западна Европа от нашествията на Османската империя, настъпваща от Азия. На Румъния ѝ се е налагало непрекъснато да се бори за правото си да живее на своята собствена земя. Най-накрая се виждал изходът от това положение.

Докато Румъния защитавала една от вратите на Изтока, Централна и Западна Европа преживявали културния си и интелектуален разцвет. Първите учебни заведения, даващи висше образование, възникнали още през XI век в Болоня и през следващия век в Париж и Оксфорд. А най-ранните румънски университети са били основани едва през XIX век. В сложната борба за преживяването на такива трудности румънците ценят високо културата и я считат за високо благо за своята нация. С това е свързано и чувството за гордост и важност от получаването на първата докторска степен по математика на румънски гражданин.

Понастоящем докторска степен по математика ежегодно получават повече от хиляда души в САЩ и Канада и вероятно толкова и в Европа и затова ни е трудно да си представим защо постижението на Аретю е могло да предизвика такава бурна радост в целия народ. Кой е знаел темата на дисертацията? За обикновените хора е бил важен самият факт, а не неговото съдържание. Но някои, прочели в този ден вестника, са осъзнали, че Аретю, покрай останалото, е потресъл света на науката. Той първи изказва и обосновава сериозните съмнения за устойчивостта на Слънчевата система.

Двадесет и шестгодишният Спиру Аретю представя в Сорбоната дисертация на тема „За неизменността на главните оси на орбитите, описвани от планетите“. Независимо от сухотата и нищо неговорещото название, тази забележителна работа прекратява научния труд на Поасон. Аретю доказва, че „ако се вземе приближение реда от трета степен по маси, то в значенията на главните оси на планетите се появяват векови членове“, от което следва извод, точно противоположен на заключението на Лаплас и Поасон. Изчисленията на Аретю показвали, че „главните оси на орбитите, описващи планетите, не е задължително да бъдат ограничени във времето“. Както вече на-

мекнахме, това твърдение все още не говори за неустойчивост, понеже не е ясно колко големи могат да бъдат измененията на осите, обаче от този израз се подразбира, че орбитите на планетите с течение на времето могат да изменят своята форма и размери.

Своя резултат Аретю получава, разглеждайки още по-точно отколкото Поасон приближение. Естествено, че други математици също са се опитвали да направят това, но се сблъскват, както им се струва, с непреодолими технически трудности. До 1878 г. известен успех имат Луивил и Пюисьо през 1841 г. и Тисеран през 1876 г., който значително опростява дългото доказателство на Поасон. Тисеран използва идеята на Якоби от знаменитата му статия за изключване на ъгли, която прави важна крачка за разбирането на задачата на трите тела.

Румънския математик също прилага тези хитрости с цел да опрости задачата. Говорейки на съвременен математичен език, той осъществява *редукция на хамилтоновата система със симетрии*, използвайки интегралите на движение (запазващите се величини) за намаляване на броя на независимите уравнения, които трябва да бъдат решени. Както предположихме при обсъждане на многообразията в първа глава, това позволява да се съкрати размерността на фазовото пространство, в резултат на което той успява да „избута“ изчисленията до приближение от трети порядък. На дадения етап Аретю забелязва, че във формулите, описващи главните оси на планетите, се *появяват* векови членове. Той достига до успех там, където неговите предшественици претърпяват поражение.

На Спиру Аретю веднага му е предложена длъжността професор в университета в Гренобъл. Обаче той чувства, че е по-необходим в Румъния и неговият патриотизъм, заедно неговата гордост, предизвикани от усещането за принадлежност към отново придобитата независимост на народ-победител, са достатъчно основание да се върне в Букурещ – „малкия Париж“, както наричат в Европа този прекрасен град до Втората световна война. Той постъпва във факултета на Букурещкия университет и неговото влияние изиграва важна роля за изграждането на престижа на това учебно заведение. Той помага на много студенти за началото на кариерата им и залага основите на силна математическа школа. Но това е само един аспект от неговия обществен живот.

След завръщането си в родината Аретю се заема и с политика и достига успехи, каквито две десетилетия след него достига Пенлеве във Франция. Член на либералната партия, още съвсем млад той е назначен за министър на образованието. Този пост той заема няколко пъти в различни правителства, като такъв изгражда националната система за начално образование. Той се застъпва за изграждане на училища във всички населени места, за достъп до култура на всички деца, за издирване и подпомагане на талантиливите студенти. Полага непрекъснати усилия да убеждава политиците и инвеститорите, че добрата система на образование представлява сигурната основа за здрава икономика. Аретю реформира и средното, и висшето образование, приспособявайки френския модел към румънската реалност. Благодарение на своето влияние и връзки, той открива вратите за мнозина млади учени, които впоследствие получават докторски степени в Париж. Използвайки благоприятния политически климат между Румъния и

Франция в края на века, Аретю внася своя значим принос в богатия културен обмен между тези два народа.

Като министър той получава необикновена популярност, понеже намира време да посети далечни училища, да беседва с учителите и да се опита да помогне както идейно, така и с парични средства. Обикновено пътува сам, без предварително предупреждение, облечен с обикновени дрехи, а не като официално лице, и като приятел се опитва да види и разбере реалното положение в селските училища.

Дълбоката му ангажираност в обществения живот не оставя на Аретю ни време, ни душевно спокойствие, така необходими за достигане на предишните си постижения в науката. Той продължава да се занимава с математика, но резултатите му не са така впечатляващи. Въпреки това, през 1910 г. публикува интересна и оригинална книга със заглавие *Mecanique sociale*. Тази работа е опит да се обединят неговите математически познания с огромния опит по социални въпроси чрез прилагане на методи, използвани в механиката и за математични модели на обществата. От тази гледна точка той може да бъде считан за пионер в областта на социологията.

Известно време математичните работи на Аретю са почти забравени. Когато става дума за устойчивост, неговите подробни изчисления по пертурбациите се излагат на последно място. Неговият неокончателен резултат показвал, че приближенията в степенен ред не дават окончателен отговор и както видяхме, скоро след това Поанкаре развива качествен подход. Въпреки това, в първия том на *Lecons sur la mecanique celestre* Поанкаре отдава дължимото на Аретю. Нещо повече – благодарение на връзката с *проблема на малките знаменатели*, теоремата на Аретю може да се счита за част на фундамента, върху който се изгражда величественото здание на КАМ-теорията. През 1958 г. Жан Мефрой, професор по механика в Монпелие, преразглежда идеите на Аретю и с помощта на по-нови методи установи не само съществуването на векови пертурбации от трети порядък, но установи и техните аналитични изрази.

Спиру Аретю почива на шестдесет и една годишна възраст, в същия ден, когато почива и Анри Поанкаре, оставяйки след себе си добра система за образование – модел, с който могат да се гордеят всички останали румънски интелектуалци. В знак на уважение за неговия принос в небесната механика, Международният астрономичен съюз (IAU) кръщава с неговото име един от лунните кратери. В центъра на Букурещ, на Университетския площад, стои паметник на човек със свитък в ръка. Този паметник остана невредим, въпреки бомбардировките на града по време на двете световни войни. На пиедестала е написано неговото име: *Спиру Аретю*.

Доколко е устойчиво устойчивото

Статусът на задачата за устойчивостта на Слънчевата система в края на деветнайсети век Поанкаре обобщава в статия, публикувана през 1898 г. Независимо от ред исторически неточности, тази статия е полезен обзор за неспециалисти. Поанкаре пише:

„Хора, интересувани се от ситуацията в небесната механика, която те имат възможност да следят отдалеч, трябва да изпитват някакво удивление, установявай-

ки колко пъти е била доказвана устойчивостта на Слънчевата система. Пръв този факт установява Лагранж, отново устойчивостта е демонстрирана от Поасон, и оттогава съществуват и още няколко доказателства, но и те не са окончателни. Били ли са тези стари доказателства недостатъчни или пък новите са излишни? Удивлението на хората, безусловно, само ще се увеличи, ако веднъж им се каже, че математиците с помощта на строги доказателства могат да покажат устойчивостта на Слънчевата система. Това действително би могло да стане и в това нямаше да има никакво противоречие, а и старите доказателства нямаше да загубят своята стойност. Работата е в това, че всъщност представляват последователни приближения и затова не претендират за строго заключение за елементите на орбитите в тесните рамки, извън които никога не може да се излезе.”

След тази прецизна оценка на Поанкаре, нито той, нито научният свят се опитва да се самозалъгва с извънредно настояване за важността на прилагането на математиката в практиката. Той добре е разбирал, че тази работа е била свързана изключително с идеализирания математичен модел, предложен от Нютон. А да се даде отговор на въпроса доколко добре този модел съответства на действителността е много по-сложно. През 1891 г. в друга популярна статия за задачата на трите тела Поанкаре пише: „Един от въпросите, с който най-много са се занимавали изследователите, е свързан с устойчивостта на Слънчевата система. Както често казват, това е по-скоро математичен проблем, отколкото физичен. Даже ако някой успее да намери общо и строго доказателство, то все едно от това няма да следва, че Слънчевата система е вечна. В действителност, тя може да се намира под управлението на сили, различаващи се от нютоновите”. В това, както и в много друго, неговите думи се оказват пророчески: само четвърт век след тях Айнщайн предлага общата теория на относителността.

Бележки

[1] В третата част на Четивото сме пропуснали да отбележим, че хипотезата на Поанкаре за примерни многообразия е доказана през 2002-2003 г. от Григорий Перельман, за което той е удостоен с Фийлдсов медал през 2006 г., който отказва да получи. (виж: С. Насар, Д. Грубер, *Многообразието на съдбата*, Светът на физиката, кн. 4/2012, стр. 440-467). Редакцията благодарни на акад. Иван Тодоров, който ни обърна вниманието върху този пропуск.

[2] Това е резултат, известен в аналитичната механика като теорема на Лиувил. (бел. прев.)

Превод със съкращения: **Георги Граховски**
(Florin Diacu and Philip Holmes, **CELESTIAL ENCOUNTERS –**
The Origins of Chaos and Stability, Princeton Univ. Press.
Princeton, New Jersey, 1996)

АНТИ-НОБЕЛОВИ НАГРАДИ ЗА 2013 Г.

И през тази година на 12 септември бяха раздадени вече традиционните Анти-Нобелови награди в Харвардския университет в Кеймбридж, Масачузетс.

Тазгодишната церемония отново преминава под знака на силно комични, предва-рително планирани ситуации. Тазгодишната централна тема бе „Сила”.

Като част от тези кратки, непоследователни събития, както ги наричат от комитета, бе и световната премиера на мини-операта „Устройството на Блонски”, вдъхновена от живота и работата на Джордж и Шарлът Блонски, които взимат Анти-Нобел през 1999 г. за разработката си „Устройство за улесняване раждането чрез центробежна сила” [3]

Тазгодишните победители получиха своите награди, както и ръкостискане от истински, наистина смаяни Нобелови лауреати: Дъдли Хършбах (Нобелова награда за химия за 1986), Ерик Маскин (Нобелова награда за икономика за 2007), Рой Глаубер (Нобелова награда за физика за 2005) и Франк Уилчек (Нобелова награда за физика за 2004).



Ерик Маскин, Дъдли Хършбах, Рой Глаубер и Франк Уилчек наблюдават церемонията

Рубриките, за разлика от тези на именития си събрат, са плаващи и всяка година се променят в зависимост от научните попадения на призьорите. И така [3],

Анти-Нобелова награда за медицина грабнаха Масатеру Учияма, Зиангюан Джин, Ки Жанг, Тошихито Хираи, Ацуши Аmano, Хисаши Башуда и Масанори Нии-

ми (всички от Япония) „за оценяването на ефекта от слушането на опера върху мишки в качеството им на пациенти със сърдечна трансплантация”.

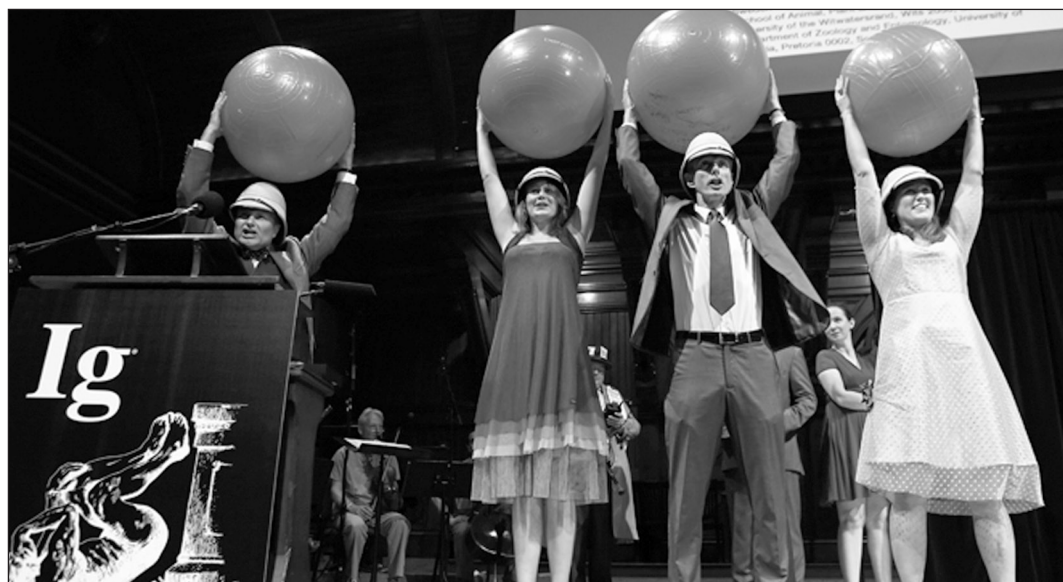
Източник: „Auditory stimulation of opera music induced prolongation of murine cardiac allograft survival and maintained generation of regulatory CD4+CD25+cells“, Masateru Uchiyama, Xiangyuan Jin, Qi Zhang, Toshihito Hirai, Atsushi Amano, Hisashi Bashuda and Masanori Niimi, Journal of Cardiothoracic Surgery, vol. 7, no. 26, epub. March 23, 2012.

Анти-Нобелова награда за психология получиха Брад Бушмен (САЩ, Великобритания, Холандия, Полша) и французите Лорън Бег, Уман Жерони, Баптист Субра и Меди Ураба „за доказването чрез експеримент, че хората, които се смятат за пияни, се смятат също така за привлекателни”.

Източник: „Beauty Is in the Eye of the Beer Holder’: People Who Think They Are Drunk Also Think They Are Attractive“, Laurent Bègue, Brad J. Bushman, Oulmann Zerhouni, Baptiste Subra, Medhi Ourabah, British Journal of Psychology, epub May 15, 2012.

Обединена Анти-Нобелова награда за биология и астрономия взеха Мари Дак (Швеция, Австралия), Емили Байрд (Швеция, Австралия, Германия), Маркъс Бърн (Южна Африка, Великобритания), Кларк Шулц (Южна Африка) и Ерик Уорънт (Швеция, Австралия, Германия) „за откритието, че когато торните бръмбари се изгубят, могат да открият пътя към дома си, като се ориентират по Млечния път”.

Източник: „Dung Beetles Use the Milky Way for Orientation“, Marie Dacke, Emily Baird, Marcus Byrne, Clarke H. Scholtz, Eric J. Warrant, Current Biology, epub January 24, 2013.



От ляво на дясно: Ерик Уорънт, Емили Байрд, Маркъс Бърн и Мари Дак празнуват спечелването на АнтиНобела.

Анти-Нобелова награда за безопасно инженерство посмъртно получи Густано Пицо (САЩ), *„за изобретяването на електро-механична система за залавяне на похитители на самолети“*. Системата пуска похитителя през вратите на конструирания капан, запечатва го в пакет, след това пуска затворения похитител през специално инсталирани врати за бомби на самолета, откъдето той лети към земята с помощта на парашут. Там го очаква полицията, която е информирана по радиото за неговото кацане.

Източник: „US Patent #3811643, Gustano A. Pizzo, „anti hijacking system for aircraft“, May 21, 1972.

Анти-Нобелова награда за физика заслужено взеха Алберто Минети (Италия, Великобритания, Дания, Швейцария), Юри Иваненко (Италия, Русия, Франция), Джермана Капелини (Италия), Надя Доминичи (Италия, Швейцария) и Франческо Лакуанити (Италия) *„за откритието, че някои хора биха били в състояние физически да тичат по повърхността на езеро – ако тези хора и това езеро се намират на Луната“*.

Източник: „Humans Running in Place on Water at Simulated Reduced Gravity“, Alberto E. Minetti, Yuri P. Ivanenko, Germana Cappellini, Nadia Dominici, Francesco Lacquaniti, PLoS ONE, vol. 7, no. 7, 2012, e37300.

Анти-Нобелова награда за химия получи отново японски колектив, съставен от Шинсуке Имаи, Нобуаки Цуге, Мунеаки Томотаке, Йошиаки Нагатоме, Тошиюки Нагата и Хидехико Кумаги *„за откритието, че биохимичният процес, който кара хората да плачат, докато режат лук, е дори по-сложен, отколкото учените досега са смятали“*.

Източник: „Plant Biochemistry: An Onion Enzyme that Makes the Eyes Water“, S. Imai, N. Tsuge, M. Tomotake, Y. Nagatome, H. Sawada, T. Nagata and H. Kumagai, Nature, vol. 419, no. 6908, October 2002, p. 685.

Анти-Нобелова награда за награда за археология категорично взимат Браян Крендал (САЩ) и Питър Стейл (Канада, САЩ) *„за леко сваряване на мъртва земейровка, която после е погълната без дъвчене и след това внимателно са изследвани всички екскременти през последващите дни с цел да се установи кои кости биха се разложили в храносмилателната система на човешкото тяло и кои не“*.

Източник: „Human Digestive Effects on a Micromammalian Skeleton“, Peter W. Stahl and Brian D. Crandall, Journal of Archaeological Science, vol. 22, November 1995, pp. 789–97.

Анти-Нобеловата награда награда за мир е безспорно за Александър Лукашенко, президентът на Беларус, *„за категоризирането на ръкопляскането на обществени места като незаконно и за беларуската държавна полиция за арестуването на еднорък мъж за ръкопляскане“*.

Анти-Нобеловата награда за правдоподобност отива при Бърт Толкамп (САЩ, Холандия), Мари Хескъл (Великобритания), Фрита Лангфорд (Великобритания, САЩ), Дейвид Робъртс (Великобритания) и Колин Морган (Великобритания) *„за осъщест-*

вянето на две свързани открития: Първо, че колкото по-дълго лежи една крава, толкова по-вероятно е тя да стане скоро. Второ, че веднъж станала кравата, не можеш лесно да предвидиш кога тя ще легне отново”.

Източник: „Are Cows More Likely to Lie Down the Longer They Stand?“, Bert J. Tolkamp, Marie J. Haskell, Fritha M. Langford, David J. Roberts, Colin A. Morgan, Applied Animal Behaviour Science, vol. 124, nos. 1-2, 2010, pp. 1–10.

Анти-Нобеловата награда награда за обществено здраве е за тайландците Касиан Банганда, Ту Чаяватана, Чумпорн Понгнумкул, Анунт Тонмукаякул, Пиясак-кол Саколсатаядорн, Крит Комаратал и Хенри Уайлд „за медицинските техники, описани в техния доклад „Хирургично управление на епидемията от ампутация на пениси в Сиам” – техники, които те препоръчват, освен в случаите, когато ампутираният пенис е бил частично изяден от патица”.

Източник: „Surgical Management of an Epidemic of Penile Amputations in Siam“, by Kasian Bhanganada, Tu Chayavatana, Chumporn Pongnumkul, Anunt Tonmukayakul, Piyasakol Sakolsatayadorn, Krit Komaratal, and Henry Wilde, American Journal of Surgery, 1983, no. 146, pp. 376-382.

Трябва да се отбележи, че всички наградени получават наградите си за публикации или патенти, които на читателите могат да им се сторят наистина странни, но почти всички статии са направени в авторитетни международни списания с импакт-фактор. Например общият импакт фактор на статиите, заради които са избрани победителите за 2013 г., е точно 56, 996.

Всъщност, Анти-Нобеловите награди играят и функцията на задържане по-продължително на интереса към статии, на които иначе никой не би обърнал внимание. Както посочва Жан-Марк Леви-Льоблон (сп. Светът на физиката, бр. 3, 2013), „около две трети от научните статии не се цитират никога (освен очевидно от своите автори в техните отчети или в други техни статии)”.

Факт е, че България няма нито Нобелов, нито Анти-Нобелов лауреат. Освен известния случай на Пенчо Славейков, заради преждевременната смърт на когото Нобеловият комитет не разглежда номинацията, направена от Ал. Йенсен [4], то друга българска номинация, не е известна.

Същата ситуация е и при Анти-Нобеловите награди. Единствената българска номинация, както посочва Иван Славов [1], е на проф. Георги Карев, заради статията му „Сядането в кино при десничари, амбидекстри и левичари”, публикувано в сп. „Кортекс”. В статията се прави експеримент, при който доброволци трябвало да си харесат място в киносалона по предварително начертани диаграми. Повечето хора избирали да седнат вдясно. При последвалата анкета се установява, че те са десничари. Така Г. Карев заключава, че в основата на този феномен стои асиметрията на големите полукълба на мозъка.

Според холандеца Кийс Моликер, координатор на европейското представителство на Анти-Нобеловите награди, изследването отговаря на основното изискване за присъждане на Анти-Нобелова награда – първо те кара да се засмееш, а след това да се замислиш.

Но Иван Славов отбелязва, че Г. Карев се подразнил от номинацията си. Това е една от многото разлики между нашите учени и онези от напредналите страни. Вторите гледат и с достатъчно самоирония, например Кийс Моликер е печелил Анти-Нобел за биология през 2003 г. Отделно всички номинирани за Анти-Нобелови награди присъстват на награждаването си и не пропускат да се пошегуват със себе си, а и да си прекарат добре, както си личи от снимките от церемонията.

Литература

- [1] Славов, И. Ученически, кандидатстудентски и дисертационни бисери. Архимед, 2009
- [2] <http://www.google.com/patents/US3216423>
- [3] <http://www.improbable.com/ig/2013/#ceremonydetails>
- [4] http://bg.wikipedia.org/wiki/Пенчо_Славейков

М. Замфиров

УПРАВИТЕЛНИЯТ СЪВЕТ НА СЪЮЗА НА ФИЗИЦИТЕ В БЪЛГАРИЯ ОБЯВЯВА 2014 Г. ЗА ГОДИНА НА ГАЛИЛЕЙ

Във връзка с това се обявява:

КОНКУРС ЗА УЧЕНИЦИ И СТУДЕНТИ – РИСУНКИ И ЕСЕТА

Примерни теми:

- ✓ Галилей и наклонената равнина
- ✓ Галилей и полилеят в Храма
- ✓ Галилей и наклонената кула в Пиза
- ✓ Галилей и телескопът
- ✓ Галилей и инквизицията
- ✓ „Все пак Земята се върти”
- ✓ Други

Рисунките се изпращат на адрес:

Съюз на физиците в България (за конкурса)

Бул. „Джеймс Баучер” № 5, 1164 София

Есетата се изпращат по електронната поща на адрес:

upb@phys.uni-sofia.bg с копие на адрес: lazarova@usb-bg.org

Краен срок: 30 септември 2014 г.

УС НА СФБ ПРИЗОВАВА ВСИЧКИ СВОИ ЧЛЕНОВЕ ДА ОРГАНИЗИРАТ И
УЧАСТВАТ В ПРОЯВИ, СВЪРЗАНИ С „ГОДИНАТА НА ГАЛИЛЕЙ“.

СЪДЪРЖАНИЕ НА ТОМ XXXVI

НОБЕЛОВИ НАГРАДИ

– Нобелови награди – 2013

НАУКАТА

– Л. Б. Окун – Формулата на Айнщайн:

$$E_0 = mc^2$$

– Д. Динев – Големите проекти на европейската научна инфраструктура

– Л. Б. Окун – Формулата на Айнщайн:

$$E_0 = mc^2 \text{ (II част)}$$

– М. В. Родкин – Задачата: прогнозиране на земетресенията

– С. Фортунато и К. Кастелано – Физиката надничва в избиращата урна

– И. Тодоров – Лудвиг Болцман и вторият закон на термодинамиката

– Д. Динев – Радиоактивните снопове – нов мощен инструмент на ядрената физик

– Игор Иванов – кратък курс по история на механизма на Хигс

– И. Тодоров – Лудвиг Болцман и вторият закон на термодинамиката

– Брайън Гриън – „Започваме да пресмятаме – да се сащисаш”

– М. Кацнелсон – Образцово нагледна физика

– Н. Балабанов – От лейтенант в армията до маршал в науката

НОБЕЛОВИ ЛЕКЦИИ

– Р. Дж. Глаубер – 100 години кванти на светлината

ФИЗИКА И ПРИЛОЖЕНИЕ

– Т. Мърфи – Домашни фотоволтаични системи за физици

ИСТОРИЯ

– Дж. Кейнс – Нютон, човекът

CONTENTS OF VOL. XXXVI

NOBEL PRIZES

– Nobel prizes – 2013 385

THE SCIENCE

– L. Okun – Einstein's formula $E_0 = mc^2$

(isn't the Lord making fun of us?) 1

– D. Dinev – The large projects of the European science infrastructure 13

– L. Okun – Einstein's formula $E_0 = mc^2$ (part II) 129

– M. B. Rodkin – The problem: earthquake forecasting 139

– S. Fortunato and C. Castellano – Physics peeks into the ballot box 149

– I. Todorov – Ludwig Boltzmann and the second law of thermodynamics 257

– D. Dinev – Radioactive beams – new powerful instruments 270

– Igor Ivanov – A short course in the history of the Higgs' mechanism 387

– I. Todorov – Ludwig Boltzmann and the second law of thermodynamics 393

– Brian Greene – You start calculating and you lose your head 410

– M. Kacnelson – A model visualized physics 423

– N. Balabanov – From a lieutenant in the army to a marshal in the science 432

NOBEL LECTURES

– Roy J. Glauber – One hundred years of light quanta 281

PHYSICS AND APPLICATIONS

– Thomas Murphy Jr. – Home photovoltaic systems for physicists 25

HISTORY

– J. Keynes – Newton the man 39

- Н. Балабанов – Нейтронът на 80 години
- Р. Сагдеев – Спомени за учителя
- А. Габович – Мариан Смолуховски и Брауновото движение
- Ф. Дайсън – Ролята на Чандрасекар в науката на XX век
- Бр. Фридрих, Д. Хершбах – Щерн и Герлах: как една лоша пура помогна за преориентация на атомната физика

ВСТЪПИТЕЛНИ ХАБИЛИТАЦИОННИ ЛЕКЦИИ

- Г. Ив. Манев – Основите и сегашното състояние на математичната физика

ФИЗИКА И ОБУЧЕНИЕ

- М. Замфиров – Имат ли място нестандартните задачи в обучението по природни науки в България
- Н. Данкова – Пътят към самите нас
- Г. Семовски – Наистина ли имат място нестандартните задачи в обучението по природни науки в България

ФИЗИКА И МЕТАФИЗИКА

- С. Уайнбърг – Може ли науката да обясни всичко? Или каквото и да е?
- Н. Ахабабян – Академик Жулиен Грийн, абат Жорж Льометър и разширяващата се Вселена

НАУКА И МЕТАФИЗИКА

- Б. Паскал – Несъразмерността на човека

НАУКА И ОБЩЕСТВО

- Т. Федър – Технологии за развиващи се икономики или ритник за силен старт
- Б. Михак и др. – Фаб-Лаб: алтернативен модел за информационни и комуникационни технологии в помощ на развитието

- N. Balabanov – The 80 years old neutron..... 48
- R. Sagdeev – Reminiscences of the teacher 190
- A. Gabovitch – Marian Smoluchovski and the Brown motion..... 323
- F. Dyson – Chandrasekhar's role in 20th century science 334
- Br. Friedrich and Dudley Hershbach – Stern and Gerlach or how a bad cigar helped the reorientation of atomic physics 454

INTRODUCTIONAL ACADEMIC LECTURES

- G. Maneff – Foundations and present status of mathematical physics..... 199

PHYSICS AND EDUCATION

- M. Zamfirov – Is there room for non-standard problems in the natural science education 64
- N. Dankova – The road towards ourselves 210
- G. Semovski – Really is there room for non-standard problems in the natural science education? 345

PHYSICS AND METAPHYSICS

- Steven Weinberg – Can Science Explain Everything? Anything? 154
- N. Ahababjan – Academician Julian Green, abbot Georges Lemaitre and the expanding Universe 167

SCIENCE AND METAPHYSICS

- B. Pascal – The disproportionate man 318

SCIENCE AND SOCIETY

- T. Fether – KickStarting developing economies with relevant technologies 81
- B. Mihak et al. – Fab Lab: An Alternate Model of ICT for Development 86

- Джон Криге – Изидор Раби и раждането на ЦЕРН
- С. Петков – Как преживях земетресението на 11 март 2011 и неговите последствия в IPMU
- Ж. Леви-Льоблон – Да върнем науката на мястото ѝ в културата
- Л. Пономарьов – Атомната енергия и човекът
- Наградите за фундаментална физика на фондация „Милнер“ за 2013 г.

КНИГОПИС

- А. И. Димитров – Лорънс М. Краус: „Вселена от Нищото“
- М. Бушев – Философията и загадките на физиката в диалози
- И. Лалов – „Проф. д-р Елисавета Карамихайлова – първият български ядрен физик“
- Н. Ахабабян – Атомната физика на социалния живот
- Пътешествие в света на съвременната физика
- М. Бушев – Апотеоз на духовността: при Стивън Хокинг всичко е необикновено

PERSONALIA

- Приносът на доц. К. Стаменов за възхода на квантовата електроника и лазерната техника у нас
- 90 години от рождението на доц. Антония Пеева

IN MEMORIAM

- Доц. д-р Димитър Минчев Рибаров (27.07.1950 – 11.08.2011)
- Член-кор. проф. Стефан Кънев (17.08.1929 – 26.12.2012)
- проф. Никола Киров Николов (1943–2013)
- д-р Н. Копаранова (1930–2013)
- проф. Никола Ст. Николов

- J. Krige – Isidor I. Rabi and the Birth of CERN..... 174
- S. Petcov – Experiencing the 2011 March 11 Earthquake and its Aftermath at IPMU..... 184
- J. M. Lévy-Leblond – To revert culture to its former position in science..... 291
- L. Ponomariov – Atomic energy and humankind..... 303
- The 2013 „Milner“ reward for fundamental physics..... 314

BIBLIOGRAPHY

- A.I. Dimitrov – Lawrence M. Krauss: „A Universe from Nothing” 215
- M. Bushev – Philosophy and the mysteries of physics 220
- I. Lalov – Prof. Elisaveta Karamikhajlova – the first Bulgarian nuclear physicist..... 348
- N. Ahababian – The atomic physics of the social life..... 351
- A travel in the world of modern physics 356
- M. Bushev – An apotheosis of spirit: with Steven Hawking everything is extraordinary 477

PERSONALIA

- The contribution of assoc. prof. K. Stamenov to the advance of quantum electronics and of laser technology in Bulgaria 223
- 90th anniversary of associate professor Antonia Peeva 359

IN MEMORIAM

- Assoc. prof. Dimitar M. Ribarov (27.07.1950–11.08.2011) 101
- Corresponding member, professor Stephan Kanev (17.08.1929–26.12.2012)..... 102
- Prof. Nikola Kirov Nikolov (1943–2013)..... 225
- Dr. N. Koparanova (1930–2013) 226
- Prof. Nikola St. Nikolov 363

– Доцент д-р Атанаска Андреева
(1947-2013)

– Associate professor Dr. Atanaska Andreeva
(1947–2013) 476

СЪЮЗЕН ЖИВОТ

- В. Тодоров – Изложба „Измерване на радиацията в медицината”
- Втори национален конгрес по физически науки
- Т. Драйшу – XVII международна школа по квантова електроника
- Хр. Попов – „Физика: Методология на обучението“
- Втори национален конгрес по физически науки
- А. Петров – Награди на фондация „Св.св.Кирил и Методий” за учители по физика
- А. Петров – Международна олимпиада по физика, благодарствено писмо
- Резолюция на втория национален конгрес по физически науки

UNION LIFE

- V. Todorov – Exhibition “Radiation measurement in medicine” 103
- Second national congress on physical sciences 104
- T. Dreshuh – XVII international school on quantum electronics 227
- H. Popov – Physics: methodology of teaching 231
- Second national congress on physical sciences 232
- A. Petrov – St. Cyril and Methodius prizes for physics teachers 234
- A. Petrov – International Olympiad in Physics, thank-you letter 358
- Resolution of the Second national congress in physical science 467

ИНТЕРЕСНО

- Джо Херманс – Застаряващият слух
- Джо Херманс – Презареждане с гориво
- О. Йорданов – Интересни уеб страници

INTERESTING

- J. Hermans – Old ears 106
- J. Hermans – Refuelling 108
- O. Yordanov – Interesting web-pages 235

ЧЕТИВО С ПРОДЪЛЖЕНИЕ

- Фл. Диаку, Ф. Холмс – Среци в небесата. Част първа
- Фл. Диаку, Ф. Холмс – Среци в небесата. Част втора
- Фл. Диаку, Ф. Холмс – Среци в небесата. Част трета
- Фл. Диаку, Ф. Холмс – срещи в небесата. Част четвърта

SERIAL

- Florin Diacu and Philip Holmes – Celestial encounters – Part I 110
- Fl. Diacu and Ph. Holmes – Celestial encounters – Part II 239
- F. Diacu and Ph. Holmes – Celestial encounters – part III 364
- F. Diacu and Ph. Holmes – Celestial encounters – part IV 481

АНТИ-НОБЕЛОВИ НАГРАДИ

М. Замфиров – Анти-Нобелови награди за 2013 г.

IG-NOBEL PRIZES

– M. Zamfirov – Ig-Nobel prizes for 2013 499

ИЗИСКВАНИЯ КЪМ ПОСТЪПВАЩИТЕ МАТЕРИАЛИ

Изпращането на статиите до редакцията става на адрес: worldofphysics@abv.bg с прикачени файлове. Получаването на файловете се потвърждава с обратен и-мейл. При условие че не сте получили потвърждение до 10 дни, съществува възможността Вашата статия да не е получена и следва да изпратите файловете отново.

Редакционната колегия може да откаже да публикува или да върне за неизбежни корекции статиите, които по преценка на представящия редактор или главния редактор не отговарят на основните изисквания за научност, оригиналност и стил на изложението.

Материали, които вече са публикувани някъде или са под печат в друго списание, няма да бъдат публикувани.

Публикуването на представените материали се определя от препоръките на рецензентите.

Редакторите могат да редактират ръкописите, когато това е необходимо.

Публикуването в това списание е безплатно за авторите.

УКАЗАНИЯ КЪМ АВТОРИТЕ

Статиите да не надхвърлят 10–15 страници (респективно снимки, фигури).

За текста и таблиците може да се използва Word или Writer.

1. Текстът да няма специално оформление (освен **болдове**, **курсиви** и **главни букви**):

– да е **без колони**, да няма **нищо в табличен вид** (освен ако не става въпрос за таблици);

– да няма табулации за нов ред;

– разделянето примерно на формула и след нея номер да става с табулация, а не с многобройни интервали;

– изобщо да не се използват интервалите като средство за някакво оформление.

2. Задължително целият текст да е **редактиран и веднъж коригиран** с нанесени корекции във файла (което означава внимателно прочетен, в резултат на което да няма печатни и правописни грешки).

3. **Бележките под линия** да не са оформени като footnote, а да са накрая на съответния материал.

4. **Фигурите** да са на отделен файл с отбелязано място в самия файл за местоположението им. Ако са сваляни от интернет, да бъдат с голям размер. Снимките и фигурите да са в Grayscale, резолюцията им да е поне 250 пиксела.

5. **За отстъп** при нов ред да се използва First line Indent, а не табулация. Отстъпът да е 1 см.

6. **Заглавието** на статията да е преведено на английски.

7. Материалът да е придружен с **информация за автора** (на отделен файл) – име, длъжност, месторабота, академично звание, научна степен, контакти.

8. **Използваната литература** трябва да съдържа литературни източници, които са достъпни за проверка.

**ИЗДАВАНЕТО НА НАСТОЯЩИЯ БРОЙ ОТ СПИСАНИЕТО
Е С ФИНАНСОВАТА ПОДКРЕПА НА
ФОНД „НАУЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ“
ПРИ МИНИСТЕРСТВОТО НА ОБРАЗОВАНИЕТО,
МЛАДЕЖТА И НАУКАТА**

Нашиите автори:

Иван Тодоров – академик, ИЯИЯЕ, БАН
Никола Балабанов – проф., дфн, ПУ „Паисий Хилендарски”
Михаил Бушев – доц., д-р, ИФТТ, БАН
Бренислав Фридрих – доц., И-тут Фриц Хабер, Германия
Дъдли Хершбах – проф., катедра по химична биология, у-тет Харвард.
Флорин Диаку – проф. д-р, У-тет Виктория, Западна Канада
Филип Холмс – проф. д-р, Принстънски у-тет

През 2014 г. в “Светът на физиката” четете:

И.Тодоров – Айнщайн и Хилберт: създаването на Общата Теория на Относителността
И.Веселовский – Тайните на слънчевия вятър
Л.Бадаш – Мария Кюри: В лабораторията и на бойното поле
Л.Синай – Математици и физици = кучета и котки
В.Сигма – Няколко разказа за физици и математици
В.Борисов – Джордж Кистяковски: в Харвард, Лос-Аламос и Белия дом
Г.Горелик – Бащите на водородната бомба

Четиво с продължение – А.Милър – „137: Юнг, Паули и гонитбата на една научна идея фикс”

СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА 4'2013

СЪДЪРЖАНИЕ

НОБЕЛОВИ НАГРАДИ

- Нобелови награди – 2013
- Игор Иванов – Кратък курс по история на механизма на Хигс

НАУКАТА

- Иван Тодоров – Лудвиг Болцман и вторият закон на термодинамиката
- Брайън Грийн – „Започваме да пресмятаме – да се сачисаш”
- Михаил Кацнелсон – Образцово нагледна физика
- Н. Балабанов – От лейтенант в армията до маршал в науката

ИСТОРИЯ

- Бретислав Фридрих и Дъдли Хершбах – Щерн И Герлах: Как една лоша пура помогна за преориентация на атомната физика

СЪЮЗЕН ЖИВОТ

- Резолюция на Втория национален конгрес по физически науки, 25-29 септември 2013 г., София

IN MEMORIAM

- Доцент д-р Атанаска Андреева (1947–2013)

КНИГОПИС

- М. Бушев – Апотеоз на духовността: при Стивън Хокинг всичко е необикновено

ЧЕТИВО С ПРОДЪЛЖЕНИЕ

- Фл. Дяку, Ф. Холмс – Среци в небесата – част IV

АНТИ-НОБЕЛОВИ НАГРАДИ

- Анти-Нобелови награди за 2013 г.

THE WORLD OF PHYSICS 4'2013

CONTENTS

NOBEL PRIZES

- Nobel prizes – 2013 385
- Igor ivanov – A short course in the history of the Higgs' mechanism 387

THE SCIENCE

- Ivan Todorov – Ludwig Boltzmann and the second law of thermodynamics 393
- Brian Greene – You start calculating and you lose your head 410
- M. Kacnelson – A model visualized physics 423
- N. Balabanov – From a lieutenant in the army to a marshal in the science 432

HISTORY

- Br. Friedrich and Dudley Hershbach – Stern and Gerlach or how a bad cigar helped the reorientation of atomic physics 454

UNION LIFE

- Resolution of the Second national congress in physical science, 25-29 September 2013, Sofia 467

IN MEMORIAM

- Associate professor Dr. Atanaska Andreeva (1947–2013) 476

BIBLIOGRAPHY

- M. Bushev – An apotheosis of spirit: with Steven Hawking everything is extraordinary 477

SERIAL

- F. Diacu and Ph. Holmes – Celestial encounters – part IV 481

Ig-NOBEL PRIZES

- Ig-Nobel prizes for 2013 499

СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА

ТОМ XXXVI, кн. 4, 2013 г.

Издание на Съюза на физиците в България

<http://old.inrne.bas.bg/wop/>

(със спомоществателството на Българска академия на науките)

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

ГЛАВЕН РЕДАКТОР

Нъшан Ахабабян <nashan.ahababian@gmail.com>

ЗАМЕСТИНИК ГЛАВЕН РЕДАКТОР

Михаил Бушев <m_bushev@abv.bg>

Олег Йорданов <oleg.yordanov@gmail.com>

ОТГОВОРЕН СЕКРЕТАР

Милен Замфиров <worldofphysics@abv.bg>

ЧЛЕНОВЕ

Валери Голев <valgol@phys.uni-sofia.bg>

Георги Граховски <grah@inrne.bas.bg>

Людмил Вацкичев <Lyuvats@phys.uni-sofia.bg>

Никола Балабанов <balabanov_n@abv.bg>

Светослав Рашев <rashev@issp.bas.bg>

Ганка Камишева <gkamish@issp.bas.bg>

ТЕХНИЧЕСКИ СЕКРЕТАР

Снежана Йорданова <upb@phys.uni-sofia.bg>

ВОДЕЩ БРОЯ: Людмил Вацкичев

EDITORIAL STAFF

EDITOR-IN-CHIEF

Nashan Ahababjan

VICE EDITOR-IN-CHIEF

Michael Bushev

Oleg Yordanov

EXECUTIVE SECRETARY

Milen Zamfirov

MEMBERS

Valeri Golev

Georgi Grahovski

Liudmil Vatzkitchev

Nicola Balabanov

Svetoslav Rashev

Ganka Kamisheva

TECHNICAL SECRETARY

Snejana Iordanova

АДРЕС НА РЕДАКЦИЯТА:

1164 София,

Бул. Джеймс Баучер № 5

☎ 862 76 60

e-mail: worldofphysics@abv.bg

EDITORIAL OFFICE ADDRESS:

5, James Bouchier Blvd,

1164 Sofia

ПРЕДПЕЧАТНА ПОДГОТОВКА: Д. Денчева

Дадена за печат на 9 януари 2014 г.

ПЕЧАТНИЦА „ГИТАВА“ — СПОНСОР НА „СВЕТЪТ НА ФИЗИКАТА“

бул. Цариградско шосе 72

ISSN: 0861-4210